

Technická univerzita v Liberci  
Fakulta textilní

Katedra oděvnictví

Studijní program: B 3107 TEXTIL

Studijní obor: technologie a řízení oděvní výroby



Aplikace nekonvenčního spojování v konfekci  
technických textilií

Application unconventional jointing clothing  
technical textile

Anna Medková  
Kod- 259

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Katarina Zelová  
Rozsah práce: 50  
Počet stran textu: 50  
Počet obrázků : 41  
Počet tabulek: 10  
Počet grafů : 2  
Počet stran příloh: 46

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že předložená *diplomová (bakalářská)* práce je původní a zpracoval/a jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušil/a autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním *diplomové (bakalářské)* práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byl/a jsem seznámen/a s tím, že na mou diplomovou (*bakalářskou*) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Berou na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové (*bakalářské*) práce a prohlašuji, že **souhlasím** s případným užitím mé diplomové (*bakalářské*) práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové (*bakalářské*) práce a poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci dne

Podpis

**Poděkování**

Poděkování Ing. Katarině Zelové a Ing. Bc., Ph.D. Věře Glombíkové za odborné vedení práce a mnoho cenných rad a podnětů. Rovněž děkuji Svitavské firmě SVITAP J.H.J. spol. s r.o. za poskytnutí vzorků technických textilií. Nakonec bych chtěla poděkovat rodičům za podporu, kterou mi poskytovala po celou dobu zpracovávání bakalářské práce.



**Anotace:**

Tato bakalářská práce se zabývá souasnými technologiemi nekonvenčního spojování (technologie: horkého klínu, horkého vzduchu, vysokofrekvenční svaování, ultrazvukové svaování, laseru) a jejich užitím pro různé druhy materiálu. Tyto technologie jsou užívány k spojování technické konfekce. Klíové parametry pro výbír vhodné technologie pro každý druh technické konfekce jsou pevnost a vododolnost spoje. V experimentální ásti práce je provedena rešerše zmny pevnosti a vododolnosti spoje, které nastanou užitím rozdílných parametr (rychlosti, teploty, tlaku, amplitudy) na svaovacích strojích. Dále se zamíjí na zjištění vhodných parametr pro spojování technické konfekce (polyester s PVC nánosem) technologií horkého klínu, horkého vzduchu a ultrazvukem.

**Annotation of thesis:**

This thesis focuses on contemporary technologies of unconventional jointing (hot knees, hot air, ultrasonic, high-frequency welding and laser technology) and their usage for different kinds of material. These technologies are used to joint technical clothing. Key parameters for selection of suitable technology for each sort of technical clothing are strength and permeability of seam. In the experimental part of the thesis is conducted a search of changes of strength and permeability of seam which occur by usage of different parameters (speed, temperature, pressure, amplitude) on welding machines. Further, the thesis focuses to investigate suitable parameters for jointing technical clothing (polyester with polyvinyl chloride layer) by hot knees, hot air and ultrasonic technologies.

**Klí ová slova :**

unconventional – nekonven ní

jointing - spojování

clothing - konfekce

ultrasonic welding - sva ování ultrazvukem

welding hot air - sva ování horkým vzduchem

welding hot knees - sva ování horkým klínem

technical textile - technické textilie

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ .....</b>	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>Exotermické svařování .....</b>	<b>11</b>
2.1.1	Svařování horkým vzduchem .....	12
2.1.2	Svařování horkým klínem .....	14
<b>2.2</b>	<b>Endotermické svařování .....</b>	<b>17</b>
2.2.1	Vysokofrekvenční svařování .....	17
2.2.2	Ultrazvukové svařování .....	20
<b>2.3</b>	<b>Svařování textilních materiálů Laserem .....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>VLASTNOSTI SVAŘOVANÝCH ŠVŮ .....</b>	<b>26</b>
<b>3.1</b>	<b>Mechanické namáhání technických textilií .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Charakteristika spojovaného materiálu .....</b>	<b>28</b>
<b>4.2</b>	<b>Charakteristika použitých svařovacích strojů .....</b>	<b>30</b>
4.2.1	Ultrazvukový svařovací stroj PFAFF 8310 .....	30
4.2.2	Materiál spojený horkým klínem .....	33
4.2.3	Materiál spojený horkým vzduchem .....	36
<b>4.3</b>	<b>Hodnocení kvality spojů .....</b>	<b>38</b>
4.3.1	Zjišťování podélné a příčné pevnosti švů .....	38
4.3.2	Zjišťování vodivosti .....	43
<b>5</b>	<b>DISKUZE .....</b>	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>45</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA: .....</b>	<b>47</b>
<b>8</b>	<b>INTERNETOVÉ ODKAZY .....</b>	<b>47</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ, TABULEK .....</b>	<b>49</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH .....</b>	<b>50</b>

**Seznam zkratk:**

PA - polyamid

PP- polypropylen

PVC - polyvinilchlorid

PE – polyethylen

PTFE – teflon

USB - univerzální sériový port

UV - ultrafialové sluneční záření

SN – značení norem – česká organizace pro normalizaci

ISO - značení norem - Mezinárodní organizace pro normalizaci

# 1 ÚVOD

Technologie spojování technických textilií nekonvenčními způsoby je důležitá pro rychlé zpracování plošných textilií v prostorové útvary. V technické konfekci jsou spojovány velké plochy textilií (stany, autoplachty, nafukovací haly, atd.), proto je nutné urychlit a usnadnit spojování těchto materiálů. Většina technických textilií je poměrně často mechanicky namáhána, tudíž lehce dochází k narušení švu. Pro zamezení tohoto problému jsou neustále vyvíjeny nové materiály a nové technologie spojování.

Vývoj nových technologií spojování byl podmíněn vznikem termoplastických vláken. Dříve [4] byly převážně užívány v konfekci technických textilií mechanické způsoby spojování textilií. Při šití syntetických materiálů však docházelo k několika problémům - propalování šitého díla, častým přetrhům nití a natavení nití při vysokých otáčkách a tím bylo způsobeno zanášení očka jehly. Pro tyto typy materiálů dle [1,2,3] přineslo 20. století celou škálu nových metod spojování textilií, které nazýváme nekonvenční. Jde o metody využívající elektrických záření – ultrazvuku a vysokofrekvenčního spojování textilií, které výrazně zrychlují výrobní proces a snižují hmotnost výrobku.

Mezi nové, dynamicky se rozvíjející metody svařování technických textilií patří dle [16,3] laserové přímé technologie. V roce 2005 byl vyvinut laserový svařovací stroj a laserový šicí stroj pro zpracování textilií typu PP, PA a PE. Metoda byla aplikována u francouzské firmy C-Gex Systems. Konstrukce a automatizace svařovacích strojů [22,18] byly stále vylepšovány. (např. ovládání pomocí dotykové obrazovky, přesnější podávání, elektronická kontrola parametrů atd.)

Na technickou konfekci [2] se kromě klasických přírodních vláken užívaných v textilním oboru, začaly ve dvacátém století využívat nové druhy syntetických vláken. A to [5,1] polypropylenových, polyethylenových, polyamidových (nylon, silon, perlon), polyakrylonitrilových, polyvinylchloridových, teflonových a dalších, které se staly materiály pro klasické textilní technologie.

Dále se začaly vyrábět dle [5,2,1] plastomerová vlákna která byla připravena ze silných elastomerových vláken s pravým i nepravým zákrutem. Tato vlákna dle [5] svou elasticitou překonávají nebo se blíží vláknům kaučukovitým.

Později byla dle [5,1,3] vyvinuta speciální vlákna používaná pro technické účely jako jsou vlákna sklová (keramická, kovová), keramická (oxid hlinitý, karbid keramický,

nitridová, strusková), vysoce orientovaná polyethylenová, polyamidová (nomex, kevlar), borová, uhlíková a další. Dle [2] jde o vlákna pro výrobu speciálních textilií, které jsou užívané pro špičkové technologie v automobilovém, leteckém, raketovém a kosmickém průmyslu.

Technické textilie patří dle [10,16] mezi materiály a produkty vyráběné a navrhované pro jejich technické a funkční vlastnosti. V 80. letech byly dle [10] definovány kategorie technických textilií podle oblastí jejich použití. Jsou to stavební textilie, geotextilie, zdravotnické textilie, ochranné textilie, textilie pro průmyslové aplikace (filtrace, čištění), agrotextilie, environmentální textilie, obaly, sportovní textilie, transportní textilie, dopravní prostředky, nábytek, bytový textil a oděvní doplňky. V dnešní době díky vysoké poptávce pokračuje vývoj nových materiálů a technologií. Dle [16,2,3] využívá přenosu technologií z jiných oborů, nebo napodobování přírody (biomimetika). Postup probíhá [5,2] cestou vývoje speciálních geometrií, zvyšování pevnosti vláken, vývojem uhlíkových vláken a kompozitních materiálů, zvlákněním, využitím obnovujících se přírodních surovin, úpravou a využíváním nanotechnologií.

Dle [11,2,10] můžeme začít do technické konfekce, fóliovníky pro domácí zahrady, ale i pro průmyslové využití, zahradní pavilony, textilní garáže, víceúčelové stánky, bazénové plachty, krycí plachty. Dále pak dle [26,27] atypická zastřešení, normální stany, nádrže na vodu, nafukovací haly membránové konstrukce, autoplachty, party stany. Tyto materiály jsou dle [27,26,11] v tloušťce z polyesterové tkaniny, s nánosem PVC z jedné nebo obou stran textilie, nebo z PE kaširované fólie. V tloušťce tkanin [14,15] používaných na technickou konfekci má kromě nánosu, který zabraňuje průniku vzduchu a vody, ještě jiné speciální úpravy například (na snížení hořlavosti, protiplísňová ochrana, odolnost vůči slunečnímu záření). Dle nárokovosti technické textilie se svažuje horkým vzduchem, horkým klínem, ultrazvukem nebo vysokofrekvenčně. Protože mají tyto materiály dlouhou životnost je jejich uplatnění široké.

Práce popisuje současné techniky nekonvenčního spojování v konfekci technických textilií.

Cílem této práce je laboratorní ověření vlivu technologie provedení nekonvenčních spojů technických textilií ultrazvukem, horkým vzduchem a horkým klínem. Porovnání pevností jejich švů a odolnosti spojů z hlediska působení vody.

Pro měření jsou použity vzorky materiálů z polyesterové tkaniny s nánosem PVC různých gramáží. Testovány jsou materiály využívané v oblasti technických textilií jako autoplachty.

Materiál je svařen ultrazvukem, horkým klínem a horkým vzduchem. Po svaření materiálů na těchto typech strojů, jsou porovnány rozdíly pevností svařených švů. Pevnosti švů jsou testovány na trhacím stroji LabTest 2.05. Propustnost materiálů v oblasti švu je testována na zařízení pro vstup tlakové vody SDL M018.

## 2 NEKONVENČNÍ ZPŮSOBY SPOJOVÁNÍ

Nekonvenční způsoby spojování technických textilií pracují na principu lepení, nýtování nebo svaření textilních materiálů a to bez použití šicí techniky a šicích nití. Lepení textilních materiálů je proces spojování listů materiálů stejných nebo různých druhů, lepidlem (adhezivem). Nýťový spoj je nerozebíratelný. Tyto spoje se vytvářejí bodově. K nýtování se používají tlakové lisovací stroje vyvíjející nepatrný tlak, který dokáže spojovací element do materiálu pouze zalisovat, ale nerozmáčkne ho. Tato práce se zabývá svačováním.

Svačování představuje dle [4] spojování dvou a více vrstev termoplastických materiálů působením tlaku a tepla. Svačovaný spoj má stejné složení jako spojovaný materiál, tvoří s ním jednotný celek a je nerozebíratelný. Nevýhoda svačování tkví v omezeném množství výroby použitých materiálů na ty materiály, které obsahují 60% termoplastických vláken. Druh a způsob svačování textilních materiálů se liší složením a vlastnostmi materiálů. Dle [3] je nejvhodnější svačovat materiály stejného druhu, při svačování materiálů jiného druhu, je nutné volit ty, co mají podobné fyzikální a chemické vlastnosti. Svačování dělíme na exotermické a endotermické.

### 2.1 Exotermické svačování

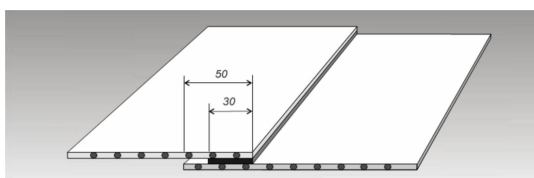
Exotermické svačování dle [4] patří mezi nejjednodušší a velmi levný způsob svačování. Teplo je přivedeno do svačovaného spoje z vnějšku nebo zvnitřku. Dochází

k p ímému styku sva ovaného materiálu se zdrojem tepla. P ívedené teplo [3] termoaktivní materiál sva ovaných sou ástí nataví a spojení se dosáhne p ítlakem.

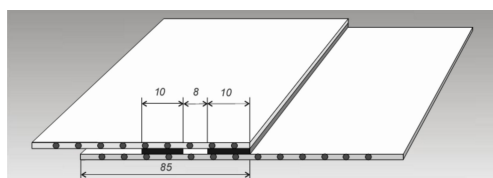
Dle [4] podle p ívodu tepla rozlišujeme exotermické sva ování na oh ev z vnit ní strany (sva ování horkým vzduchem, nebo vyh ívanými klíny) a na oh ev z vn jší strany (vyh ívané elisti). Tento zp sob sva ování lze [3] použít jen u materiál do tlouš ky 0,5-0,7mm.

### 2.1.1 Sva ování horkým vzduchem

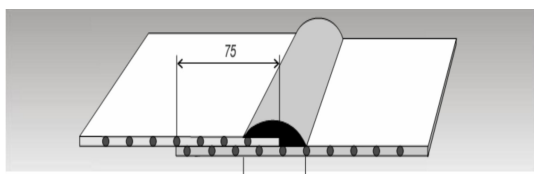
Sva ování horkým vzduchem dle [20,11] spo ívá v zah átí povrchu do plastického stavu proudem vzduchu vystupujícím z hubice horkovzdušné svá e ky a následné stla ení spoje. Dle postupu roztavování hmoty se svá e ka posouvá ve sm ru podélné osy spoje a spojované okraje se vzájemn stla ují vále kem. Používané typy spoj [14] p í horkovzdušném sva ování plachet. (viz Obr.2.1 jednoduchý svár, Obr.2.2 dvoustopý svár, Obr.2.3 extruzivní spoj, Obr.2.4 p eplátovaný spoj)



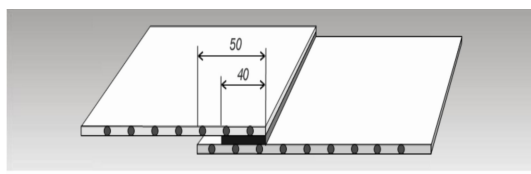
Obr. 2.1 Jednoduchý svár



Obr. 2.2 – Dvoustopý svár



Obr. 2.3 – Extruzivní spojení



Obr. 2.4 – P eplátovaný spoj

Mezi materiály které se nej ást ji používají p í sva ování horkým vzduchem pat í dle [2,3,4] polyester, polypropylen, polvinylchlorid a polyuretan, polyethylen a aramidové tkaniny s PVC nánosem.

Využívá se r zných ší í a r zných hmotností tkanin, váha a rozm ry materiál se ídí podle druhu použití. Výrobci si dle [11,26,27,25] materiály na technickou konfekci



sami vyrobí nebo využívají zahraniční materiály od společností Mehler, Sio-line, Ferrari. Mezi tyto materiály patří například: Polymar tent, Polymar traffic, Polymar tarp, Valmex Traintex, Plastel TE 62, Polymar hochglanz, Valmex FR700 stripes, což jsou především rovinné materiály. Tyto materiály by [2,16,17,23] měly být pevné, nestlačitelné, nepropustné, vodě odolné, odolné proti vlhku, UV záření a musí být dobře barvitelné. Vlastnosti nepoužívanějších materiálů zobrazuje tabulka 1, viz. (příloha 1).

Horkovzdušný stroj Variant od firmy Leister dle [20,11] používá při svařování textilií technologii spojování švů přelátováním. Šířka sváru závisí na druhu použité horkovzdušné trysky. Svařovací trysky jsou dle [15,25] vyměnitelné a jejich šířka se pohybuje od 20mm do 40mm. Tento stroj je automat, rychlost proudění vzduchu dosahuje od 0,5 do 12m/min, teplota vzduchu 20-650°C, výkon 200W, frekvence 50Hz. viz. (obr.2.5) [16]

Dle [20,11] vzniká proces svařování rozžhavením obou materiálů pomocí elektrického horkovzdušného agregátu, jehož teplota je elektronicky regulována. Svařovací automat má rovněž automatický posuv a materiál je po rozžhavení stlačen pomocí pryžovými válci.



Obr 2.5 – Horkovzdušný svařovací stroj variant

Dle [25,27,11] jsou horkovzdušným svařováním vyráběny autoplachty (viz obr 2.6) a velkoprostorové haly (viz obr 2.7). V případě autoplachet má materiál nejprve základní povrchové úpravy - jsou lakované z jedné, nebo z obou stran, ještě mohou být chráněny proti odrušení další vrstvou laminace, která se nanáší až po potažení plachty. Autoplachty jsou dle [21] nejčastěji vyráběny pomocí svařovací technologie dle přesného tvaru vlastní konstrukce, která má být opláštěná. Někdy jsou autoplachty ve všech místech dotyku s konstrukcí vyztužené zesilovacími pásy. Podobným způsobem jsou vyráběny

velkoprostorové stany, k jejich výrobě se užívá materiál stejný jako pro výrobu autoplachet.



Obr 2.6 – Autoplachta



Obr 2.7 – Velkoprostorová hala

### 2.1.2 Svařování horkým klínem

Spojování tímto způsobem spojuje [20,3,6] v (viz obr 2.8) natavení ploch obou protilehlých materiálů horkým klínem a následným stlačením obou roztavených ploch k sobě při tlakovém váleky. Svařování pomocí horkého klínu probíhá dle [4] na základě přímého kontaktu, při kterém dochází k plastifikaci textilie horkým klínem a poté k plynulému stlačování.

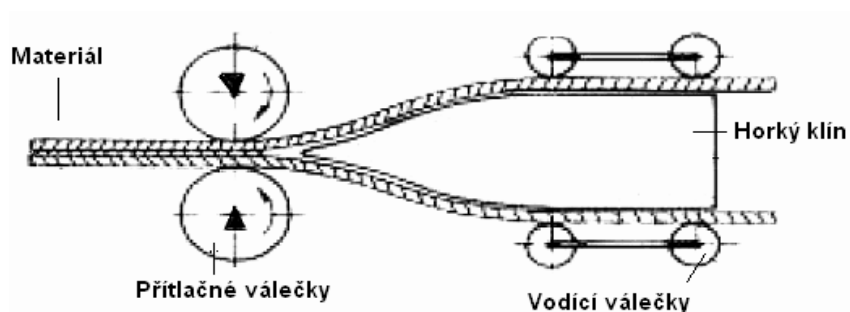
Horkým klínem se spojují stejné materiály jako horkým vzduchem, převážně se používají zátrové materiály. Dle [27,11,25,23] jsou českými výrobci vyráběny technické tkaniny v tloušťce o plošné hmotnosti v rozmezí 180 - 3000 g/m<sup>2</sup>. Tkaniny jsou vyráběny různými vazebními technikami, především v plátňové a keprové vazbě. Jedná se o polyamidy, polyester, polypropyleny a kompozity z bazaltových vláken kombinovaných s vlákny z organických polymerů nebo uhlíku (viz příloha 1, tabulka 2). Tkaniny jsou vyrobeny v černém barvení a úprav (hydrofobní, fungicidní a tkaniny se sníženou hořlavostí).

Dle [18,12] stroj svařující materiál horkým klínem od firmy Pfaff, typ 8304-020/01 pracuje s teplotou spojování 20°C - 450°C, šířkou švu 7-30 mm, tloušťka materiálu od 0,2 mm. Rychlost je nastavitelná pomocí elektronické řídicí jednotky, rychlost svařování je až 10m/min. Tímto způsobem dochází ke kvalitnímu a rychlému spojení objemných materiálů. (viz obr.2.8)[8] Materiály svařované horkým klínem se spojují nepřímým švem. Používají se různé profilované vodící váleky. Před spuštěním stroje se materiál vloží do lišt, které udržují materiál v požadované vzdálenosti od klínu.

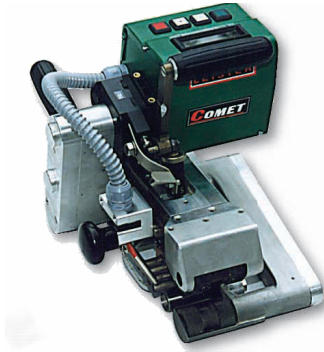


Obr. 2.8 – Pfaff 8304

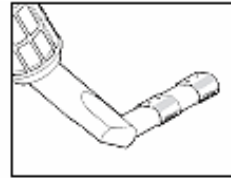
Dle [20] Znáznor uje (obr. 2.10-1) stroj Leister Comet sva ující materiál horkým klínem a detail zp sobu sva ování na tomto stroji. Posuv materiálu 0,8 až 3,2 m/min, teplota 420°C, p ítlak 1000N. V tšina t chto za ízení je v stavebnicovém provedení, a proto je nap íklad možná vým na klínu a p ítla ných vále k . Na obrázku (obr.2.9) je znázorn n ez pracovním ustrojím stroje Leister Comet, kde klín prochází mezi materiály nah ívá je ímž dochází k plastifikaci materiálu. Dále jsou na obrázku p ed klínem znázorn ny p ítla né vodící vále ky, které plastifikovaný materiál stla í a tím dojde ke spojení. Sva ované materiály jsou vedeny menšími vodícími vále ky tak, aby se mezi n klín vešel. Klíny se od sebe liší tvarem a provedením, jsou tvarovány podle pot ebného typu spojení nap . na tenké (viz obr.2.10-2), nebo silné folie (viz obr.2.10-3), klíny sva ují materiál p eplátovaným švem. Kvalitu spoje áste n ur ují také povrchy p ítla ných vále k . Povrch vále k je v tšinou silikonový nebo PTFE. Existuje také sva ování kombinovaným klínem, kdy je materiál nah íván klínovým t lesem a zároveň je z trysky klínu vypoušt n horký vzduch a poté materiál prochází mezi p ítla nými válci.



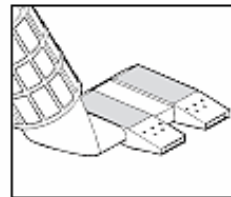
Obr.2.9 schéma sva ování horkým klínem



Obr.2.10-1 stroj Leister Comet



Obr.2.10-2. klín na tenké folie



Obr.2.10-3 .klín na tlusté folie

Dle [28,11,25,27] jsou výrobky svařené horkým klínem, textilní haly, autoplachty, lodní plachty, stany (viz obr.2.12), krycí plachtoviny, atypická zastěšení (viz obr.2.11), podkladové tkaniny pro výrobu dopravníkových pásů a klínových semen, filtrační tkaniny, tkaniny pro obuvnický průmysl, obalové tkaniny, poštovní pytle, mincovní sáčky.



Obr 2.11 – Atypické zastěšení



Obr 2.12 – Stan

## 2.2 Endotermické svařování

Průběh endotermického svařování lze popsat tak, že teplo se vytváří ve styčných plochách svařovaného spoje. Vnitřním třením molekul vzniká teplo a působením tlaku pak dochází ke spojení.

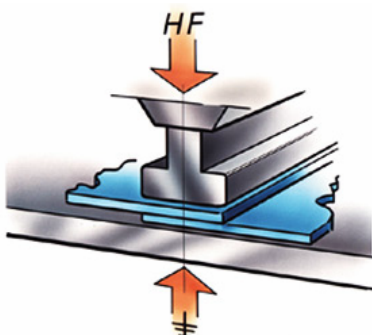
Každý materiál je [4,3] složen z molekul a ty opět z atomů. Atomy se skládají z jádra, které obsahuje neutrony a protony, kolem jádra obíhají záporně nabitě elektrony. V atomu existuje elektronická rovnováha to znamená, že součet kladných a záporných nábojů je stejný, takže výsledný náboj je nulový. Molekuly některých materiálů nemají nabité částice rozloženy rovnoměrně, což znamená, že v určité části molekuly převládají náboje kladné, v jiné záporné. Takové molekuly, které tvoří elektrické dipóly, se nazývají látky polární.

Působením nebo pohybem částic dochází ke tření, při kterém vzniká teplo. Při střídání polarit elektrického pole lze velmi rychle dosáhnout rychlého pohybu molekul, vznikající teplo je tak velké, že dojde k natavení materiálů. Vnitřním třením molekul se vyvolává teplo a působením tlaku pak lze materiál spojit. Endotermické svařování dělíme na vysokofrekvenční a ultrazvukové.

### 2.2.1 Vysokofrekvenční svařování

Při vysokofrekvenčním svařování jsou dle [4,3,15,16] dva kusy materiálu spojeny za současného působení vysokého tlaku a elektrického pole při vysoké frekvenci. Svařované součásti leží mezi elektrodami (viz obr.2.13), které vydávají potřebnou vysokofrekvenční energii - změní a souhlasují svařovaný materiál, (viz obr. 2.13), výsledkem je pevný spoj. Detailně lze tento způsob spojení materiálů popsat tak že, elektricky neutrální materiál je vložen mezi elektrody napojené na vysokofrekvenční generátor, dojde po zapojení k porušení rovnováhy. Negativně nabitě částice se posunou k pozitivnímu okraji pole, kladně nabitě částice naopak k negativnímu okraji, materiál je polarizovaný. Vnitřním třením molekul, které je způsobeno rychlým střídáním směru proudu z vysokofrekvenčního zdroje, dochází k ohřátí dielektrika. Rychlost ohřevu při vysokofrekvenčním svařování závisí na vlastnostech elektrického pole a to na pracovní frekvenci, napětí na elektrodách, ztrátovém koeficientu, permitivitě a na tepelných

vlastnostech. Rychlost vysokofrekvenčního ohřevu je závislá na frekvenci, takže je výhodné používat co nejvyšší frekvenci.



Obr 2.13 – Vysokofrekvenční svařování, materiál mezi elektrodami

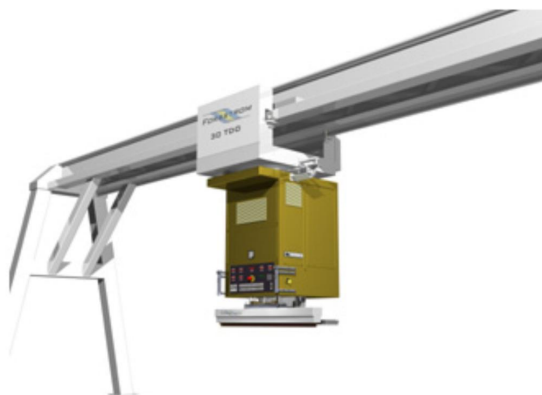
Svařovaný šev musí mít dle [6,28] stejnou pevnost jako spojovaný materiál. Výhodou vysokofrekvenčního svařování je, že není potřeba šicího materiálu, ani jiného spojovacího prostředku, jednoduchý spojovací proces vyžaduje vysokou automatizaci.

U vysokofrekvenčního svařování [4,6,19] není možné svařovat materiál s nižším obsahem syntetických vláken. Nevhodný tvar elektrody může narušit materiál při spojování. Některé druhy materiálů vyžadují použití izolačního materiálu, zabránění nežádoucího spojení elektrody a materiálu.

Vysokofrekvenční svařování je dle [3,5,17] vhodné pro syntetické materiály s dielektrickými vlastnostmi jako: polyester, polyethylen, polyurethan. Vysokofrekvenční svařování lze také aplikovat na zátrové a membránové materiály. Materiály používané na membránové konstrukce (viz příloha.1, tabulka 1).

Dle [19] vysokofrekvenční svařovací stroj od firmy Forsstrom (viz obr.2.14) [15] se skládá z pohyblivého generátoru, který je zavěšen se svařovacím lisem nad svařovacím stolem. Svařování se naprogramuje a poté je materiál automaticky svařen. Svařování probíhá vedením elektrické energie ve formě vysokofrekvenčního pole k dříve spojovanému materiálu. Elektrické pole je vedené k materiálu pomocí elektrody.





Obr. 2.14 – Vysokofrekvenční svařovací stroj od firmy Forsstrom

Dle [11,26,27,28] výrobky vyrobené vysokofrekvenčním svařením jsou autoplachty, textilní haly, stany, lodní plachty, folie a membránové konstrukce. (viz obr 2.15)

Dle [13,18,16,31] mají materiály používané na membrány nízkou plošnou hmotnost 175-3000 g/m<sup>2</sup> a vysokou pevnost 20 kN / 5cm<sup>2</sup> jsou světlopropustné a dobře barvitelné. Pomocí speciálního softwaru vznikají statické plány, ty se řídí statickými výpočty a podle způsobu odvedení vody z plochy membrány. Membrány jsou navrhovány tak, aby přenášely optimální tahové síly. Tkaniny mají v tloušťce rozdílnou pevnost v osnově a útku, avšak mohou ji mít v obou směrech i shodnou. Po svaření membrán je materiál napnut na ocelovou nebo jinou konstrukci.



Obr 2.15 – Membránová konstrukce

### 2.2.2 Ultrazvukové svařování

Ultrazvukové svařování je dle [4,6,3] způsob spojování dvou materiálů využitím ultrazvukové energie ve svařovacím místě. Svařované materiály se v místě sváru sevozu mezi zdrojem ultrazvukových vibrací za působení tlaku. Směr působení ultrazvukových vibrací musí být kolmý k svařovanému materiálu. Pohybem a třením molekul vzniká v místě sváru teplo, které roztaví syntetický materiál, po působení tlaku dojde ke spojení.

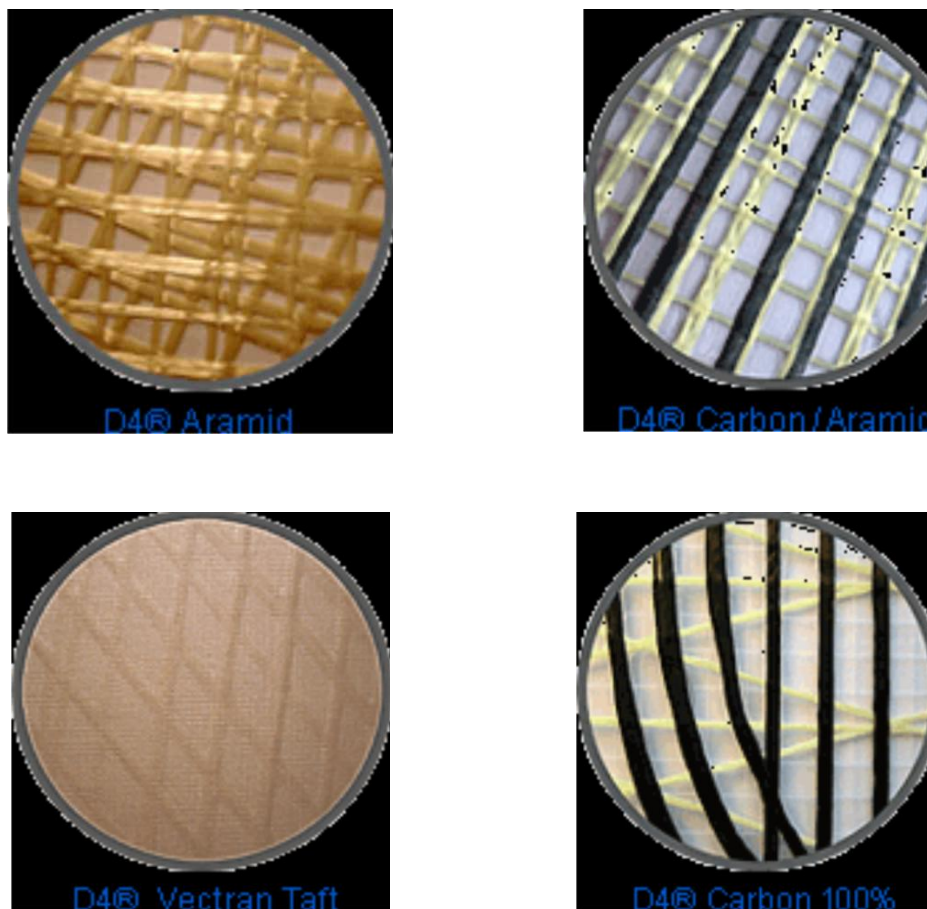
Jako svařovací, razicí ústrojí slouží dle [3] válec opatřený potrubnou povrchovou strukturou. Na tomto rytém válci je možno realizovat libovolné množství designu, například bod, čára, nebo dílčích vzorů a jejich kombinací. Dle [18] na základě výsledků zkoumaných na Fakultě textilní technologie, Univerzity v Záhřebu, ultrazvukové spojování může úspěšně nahradit klasické šití, jestliže bude vybráno svařovací kolečko s vhodným profilem a optimálními svařovacími parametry, jako jsou rychlost a amplituda. Dle [13] nevzroste pouze síla spojení ve srovnání s klasickým švem, ale také se zajistí nepropustnost vzduchu, což je jeden ze základních aerodynamických požadavků kladených na výrobu technické konfekce.

Druh a způsob svařování textilních materiálů se liší složením a vlastnostmi materiálů. Ultrazvukové svařování lze použít při spojování textilií s minimálně 40% termoplastických vláken.

Ultrazvukové svařování může být [2,1] použito na materiály: polypropylen, polyethylen, polyamid, polyvinylchlorid, polyakrylonitril, polyurethan, polyester a polyvinil acetát.

Materiály svařované ultrazvukem jsou dle [24] například od firmy Dimension - Polyant a jedná se o pevné, vysoce soudržné, laminované, nebo 4D membránové materiály používané na lodní plachty. Mezi lamináty patří dvouvrstvé polyester, polyethyleny z obou stran potažené taftem. Tafty, které pokrývá mul jsou extrémně drsné, mají vysokou tažnost a odolnost vůči přetržení. Materiál je založen na principu křížení osnovních nití. U materiálů je vzhledem k oblasti užívání vždy použita protiplísňová úprava. 4D membránové plachtoviny jsou vyrobené z polyesterového filmu přes který jsou křivočarově položena vlákna, pak se pokračuje v několika vrstvách a nakonec je materiál pomocí tepla a tlaku zpevněn. (viz obr.2.16) [20]





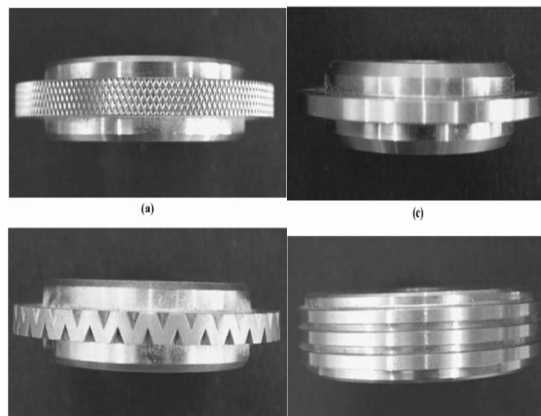
Obr. 2.16 – Vzorčky 4D membránové lodní plachtoviny

Také firma Pfaff [12] vyrábí stroj na principu ultrazvukových vibrací. Po vložení elektricky neutrálního materiálu mezi sonotrody napojené na ultrazvukový generátor, kde po zapojení dojde k porušení rovnováhy. Negativně nabitá částice se posunou k pozitivnímu okraji pole, kladně nabitá částice naopak k negativnímu okraji, materiál je polarizovaný. Vnitřním třením molekul, které je způsobeno rychlým střídáním směru proudu z ultrazvukového zdroje, dochází k ohřátí materiálu. Na materiál působí svařovací sonotrody, různých profilů, které materiál svařují, stlačují a zároveň posouvají o požadovanou vzdálenost. Svařovací stroje 8310 (viz obr.17) jsou ovládané nožním pedálem (regulace rychlosti 50% až 100%). Pracuje s frekvencí  $35 \cdot 10^3 \text{ Hz}$ . Ultrazvukové svařování je automaticky regulováno během spojování, předávané kotoučky jsou ve dvou velikostech provedených 65 a 3mm. Vzorové kolečky [18] jsou dodávány v různých provedeních. (viz obr.2.18) Tento stroj má také možnost využít svařovací válečky CUT a SEAL umožňující souasně spojení a ořeznutí okraje materiálu. Tloušťka materiálu 5 $\mu\text{m}$ . Výhodou je vyšší produktivita práce, zkrácení výrobního

procesu, minimalizace švové záložky, snížení hmotnosti a možnost automatizace. Tento stroj umožňuje i svačování vnější komfort a čistší vzhled výrobku.



Obr. 2.17- Pfaff 8310



Obr.2.18- Svačovací kolečka s profily

Dle [22] od firmy Nucleus GmbH jde o ultrazvukový stroj ROTOSONIC V 4 E (viz obr.2.19), který je ovládán počítačem, počítač kontroluje regulaci a automatizaci samotného procesu výroby textilních produktů. Nastavení svačovacího procesu a svačovacích parametrů je ovládáno dotykovou obrazovkou. (viz obr.2.21) Díky možnosti připojení USB a síťového kabelu (viz obr.2.22) je možno nastavit zvýšení svačovacích parametrů a poté je přejít k dalším strojům. Svačovací postupy jsou plně dokumentovány v externí síťové databázi, každý výrobek má své ID a je mu přidělen identifikační kód. Naprogramované svačování zrychluje další výrobu i opakování svačovacích postupů. Sondotroda je pod pracovní deskou naproti svačovacímu kolečku (viz obr.2.20), svačovací rychlost 0,7-11m/min, poloměr svačovacího kolečka 65mm, frekvence 35Khz, tlak až 600N.



Obr.2.19-Ultrazvukový svařovací stroj  
ROTOSONIC V 4 E



Obr.2.20 – Svařovací kolečko  
ROTOSONIC V 4 E



Obr. 2.21 – Dotyková obrazovka  
ROTOSONIC V 4 E



Obr.2.22 – Výstup pro USB a síťový  
kabel ROTOSONIC V 4 E

Ultrazvuk je [10,26,27] používán pro svařování termoplastických materiálů v průmyslech textilu, hygieny, filtrů (viz obr.2.23), polotovarů, medicíny a obalů.

Dle [24] lodní plachty vyráběné firmou Dimension - Polyant jsou vyrobeny ze speciálních vysoce pevných, rozměrově stálých, lehkých materiálů. Plachty dobře drží tvar i při silném větru se dají lehce svinout. Jsou používány na závodní plachetnice (viz obr.2.23). [20]



Obr. 2.23 – Plachetnice s plachtami od firmy Dimension- polyant

## 2.3 Sva ování textilních materiál Laserem

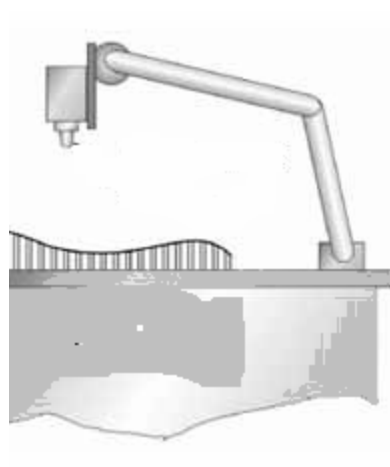
Laser je [28] kvantový generátor světelných paprsků sloužící k zesilování světelných vln pomocí stimulové emise záření. Svazek laserových paprsků je zdrojem s vysokou hustotou energie, při němž záření vychází z laseru ve formě málo rozbíhavého, monochromatického (s jednou vlnovou délkou) a koherentního (v souladu fází) svazku paprsků. Laserový paprsek koncentruje vysokou energii do velmi malé plochy, což umožní natavení materiálu z plochy menší než  $\text{mm}^2$  ve zlomcích sekundy.

Dle [16,28] se laserové svačování začalo používat pro vytváření švu s co nejlepším vzhledem a pro zvýšení produkce a automatizace. Dochází zde ke spojení materiálů bezkontaktní metodou. Laserovým paprskem je dle [3] možné při vytváření švu zpracovávat vlákna i z různorodých termoplastů, kde alespoň jeden z dílů je schopen absorbovat energii laserového paprsku natavením v místě stykové spáry. Ke spojení dojde mechanickým tlakem dvou rotačních vodících těles, které zároveň zajišťují posun textilie.

Ideálním řešením je [18,3,28] v tomto směru způsob eplátování, kde vrchní svačovaný díl je vůči laserovému paprsku transparentní a spodní absorbující. Tam kde je potřeba absorpci zvýšit, lze použít i různých vhodných pigmentů nebo třeba i jen povlaku sazí. Vzhledem k možnosti přesného provedení potřebné energie do svaru se nijak tepelně nezatěžuje okolí spojované zóny. To umožňuje svačovat i díly, které se nacházejí v bezprostřední blízkosti citlivých elektronických prvků, ale i na druhou stranu dává možnost makrosvačování při metrových délkách svaru, a to nejen při jeho plošném, ale i prostorovém průběhu.

Při svařování laserem se [30,16,28] zpracovávají textilie typu PP, PAD a PE. Svařování jsou například membránové nafukovací polštáře, které jsou na rozdíl od klasických membrán používaných na membránové konstrukce vícevrstvé. Tyto membrány mají díky svým více vrstvám lepší izolační vlastnosti. Jejich propustnost světla je srovnatelná se sklem.

Dle [29] pro svařování dílů, tkanin a fólií z termoplast vyvinula společnost Jenoptik Automatisierungstechnik GmbH modulární zařízení na bázi diodových nebo Nd:YAG laseru s označením Jenoptik VOTAN W (viz obr.2.24), pracující s vlnovými délkami 808, 940 nebo 1064 nm a výkony 20 - 100 W. Podle geometrie svaru je přesný a dynamický programovatelný pohyb laseru realizován robotem. Stroj se skládá z laseru, svařovací hlavy, optických vodičů a pohyblivého ramena.



Obr. 2.24 Svařovací stroj Jenoptik VOTAN W

Pod výrobky svařené laserem spadají například airbagy (obr.2.25), nafukovací stavby (obr.2.26), alounické produkty, stany a padáky.

Příkladem může být konstrukce nafukovací haly, která se dle [30] skládá ze tří na sobě položených, samostatných vrstev: z vnitřní PVC plachty potažené polyesterovým vláknem, z prostřední izolační plachty a z vnější ochranné folie.



Obr. 2.25 – Nafukovací stavba



Obr. 2.26 – Airbagy

### 3 VLASTNOSTI SVAJOVANÝCH ŠVŮ

Vlastnosti svažovaných švů závisí na [9,8] druhu a kvalitě spojovaného materiálu. Svažený šev musí mít stejné vlastnosti jako spojovaný materiál. Díky systému mechanického namáhání technických textilií je dle [9] kladena pevnost, prodyšnost nebo naopak neprodyšnost švu.

Namáhání se projevuje dle [9,8,2] v celém výrobku. Síly mohou působit různými směry a budou vyvolávat různé napětí v různých částech výrobku. Nejkritičtějšími místy textilní konstrukce je spoj. Tedy místo kde došlo k porušení materiálu a jeho následného spojení se stejným materiálem, například s více materiály a to různou technologií.

Odezvou na namáhání vyvolané působením vnějších sil za spolupůsobení dalších vnitřních jsou mechanické vlastnosti materiálu. Základním důsledkem tohoto působení je deformace a destrukce materiálu. Destrukce materiálu je dle [9] definována jako zničení. Deformace znamená změnu tvaru výrobku.

Namáhání je způsobeno působením na materiál, který u konkrétních výrobků může nastat silou, teplotou, chemicky, nebo působením bakterií.

Materiály jsou [9,3,2] při zpracování i při používání vystaveny různému mechanickému namáhání - tahu, tlaku, krutu, smyku, ohybu a vzpěru. Tato jednotlivá namáhání obvykle neprobíhají samostatně, ale v různých kombinacích. Spoj tedy není vystaven jednotlivému mechanickému namáhání. Aby spoj mohl odolávat těmto namáháním musí mít určité vlastnosti: tažnost, pevnost, tuhost,

**Tažnost** - prodloužení vzorku materiálu při dosažení maximální tahové síly v %



upínací délky. (délková deformace)

**Pevnost** - maximální tahová síla zjištěná v průběhu zkoušky vzorku tahem až do přetržení materiálu.

Dle [9] se vlastnosti textilie ve spojovaném místě mění. V místě spoje je narušena struktura materiálu a dle způsobu spojování je dodán spojovací prvek. Během mechanického namáhání dochází ke změně tvaru deformací, která je závislá na velikosti zatěžujících sil, směru namáhání, rychlosti namáhání a době trvání namáhání.

Dle [3] jsou faktory ovlivňující kvalitu spoje vlastnosti plošných textilií, způsob namáhání, druh švu.

### 3.1 Mechanické namáhání technických textilií

Vlastnosti pevných látek dle [3] se projevují v jejich chování vzhledem k působení vnějších sil, nazývají se mechanické vlastnosti. Mírou silového mechanického působení v pevných látkách jsou napětí (síly působící na jednotku plochy). Toto napětí je jednak normálové (působící kolmo na plochu) a jednak tečné (působící tečně k ploše). Změny vlivem napětí vyvolávají změny tvaru pevných látek nazývané deformace. Deformace dělíme podle:

- Podle směru působení sil (tah, tlak, krut, smyk, ohyb, vzpěr).

**Tah** - bezpečnostní pásy, padáky

**Tlak** - podlahy stan

- Podle rychlosti působení sil je materiál namáhán staticky nebo dynamicky.

**Staticky** - Zatížení se zvyšuje poměrně zvolna, působí obvykle minuty při dlouhodobých zkouškách i dny. Při namáhání jsou vnější síly neproměnné. (horkovzdušné balony, nafukovací haly).

**Dynamicky** - Při dynamickém zatížení síla působí nárazově na zlomek vteřiny např. (airbagy, bezpečnostní pásy).

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ÁST

Bakalá ská práce zjiš uje vliv technologie sva ování na pevnosti a nepromokavosti šv .

Cílem exp. ásti bylo stanovit nejvhodn ější zp sob sva ování pro technické textilie. Byly spojeny materiály z polyesteru s PVC nánosem o r zných plošných hmotnostech. Z materiálu vzork PES s PVC jsou vyráb ěny autoplachty.

### Zam ění experimentu

#### 1. Spojení materiál pomocí nekonven ních sva ovacích stroj

- Pfaff 8310-142/001 ultrazvukový sva ovací stroj;
- horkým klínem - Pfaff 8304-020/01 horkovzdušný sva ovací stroj
- horkým vzduchem - Pfaff 8304-020/01 horkovzdušný sva ovací stroj

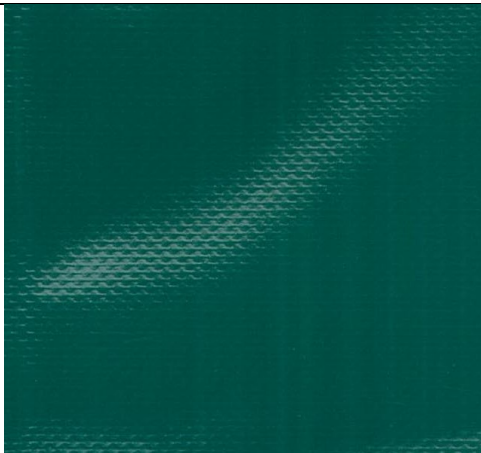
#### 2. Vyhodnocení vytvo ěných spoj


- pevnost švu - trhací p ístroj Tira Test 2300
- prostup tlakové vody - p ístroj na zkoušení prostupu tlakové vody SDL M018.

### 4.1 Charakteristika spojovaného materiálu

Pro experiment byl zvolen materiál polyester s PVC nánosem, sva ěny jsou dva materiály o plošných hmotnostech  $900\text{g/m}^2$  a  $620\text{g/m}^2$  (viz obr.4.1 a 4.2). Spojení materiálu prob ělo na sva ovacích strojích spojujících materiály horkým vzduchem, horkým klínem, ultrazvukem. Materiály jsou sva ěny p eplátovaným švem hladkým o ší ce 1,5 cm. Vlastnosti t ěchto materiál znázor uje tabulka .1. a .2. Tyto materiály poskytla firma SVITAP J.H.J. spol. s r.o



Tabulka .1 – polyester PVC nánosem		
Materiál .1 Polymar hochglanz		
Tažnost [N/50mm]	2500/2500	
Pevnost [N]	250/250	
Hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	620	
Jemnost [Dtex]	1100	
		Obr.4.1 materiál PES s PVC nánosem 620 g/m <sup>2</sup>

Tabulka .2 – polyester PVC nánosem		
Materiál .2 Polymar hochglanz		
Tažnost [N/50mm]	2500/2500	
Pevnost [N]	250/250	
Hmotnost [g/m <sup>2</sup> ]	900	
Jemnost [Dtex]	1100	
		Obr.4.2 materiál PES s PVC nánosem 900 g/m <sup>2</sup>

## 4.2 Charakteristika požitých sva ovacích stroj

Pro vytvoření nerozebíratelných spoj byly použity sva ovací stroje spojující materiál horkým klínem, horkým vzduchem a ultrazvukem.

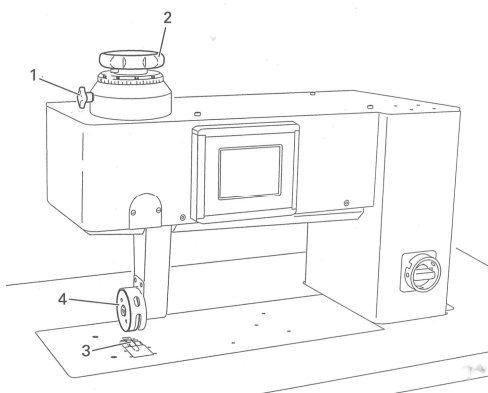
### 4.2.1 Ultrazvukový sva ovací stroj PFAFF 8310

Tento stroj slouží pro ultrazvukové zcelování materiálů, které obsahují minimálně 70% syntetických materiálů (polyesteru, polyamidu, polyetyleny, nebo polykarbonátu). Zcelování vzniká na základě tepla z ultrazvukových sond a přítlačných odváděcích válečků. Stroj použitý pro experiment je plochý stroj se sondou ze spodu.

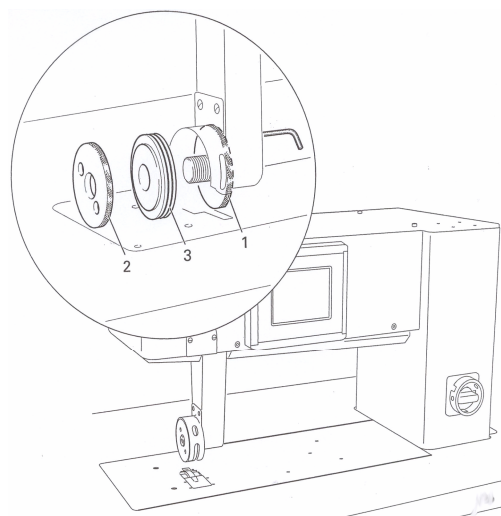
Při spojování materiálu ultrazvukem je nejprve vybrán váleček s vhodným profilem a poté se nastaví parametry sváru na dotykové obrazovce (viz obr.4.7). Parametry sváru měníme podle daného materiálu. Důležitými hodnotami ke spojení materiálu na ultrazvukovém stroji jsou amplituda (kmitočet), rychlost v m/min a tlak spodního kolečka v barech. Kvalita sváru závisí také na profilu použitého sva ovacího kolečka (viz obr.4.4) a materiálu ze kterého je kolečko vyrobeno (v tomto případě se jedná o titanové sva ovací kolečko). Tvar profilu sva ovacích koleček napodobuje klasické švy, nebo jsou jejich povrchy hladké, hrubé.

Ultrazvukový stroj je ovládán pedálem (viz obr.4.6), při prvním stisknutí pedálu je materiál sevřen mezi sva ovací kolečka, při následném stisknutí pedálu je stroj uveden do chodu, a při zpatném stisknutí se stroj zastaví a vylisuje se nadzvednou. Sva ovací kolečka slouží jednak ke svaování materiálu a zároveň k podávání materiálu (viz obr.4., 3 a 7). Materiál po vložení mezi sva ovací kolečka musí mírně prokluzovat. Tlak vrchního válce se nastavuje šroubem umístěným na hlavě stroje (obr.4.3- 3, 2) po uvolnění aretačního šroubu (viz obr.4.3, 1). Tlak vrchního šroubu je nastaven tak, aby váleček byl schopen materiál odvádět.

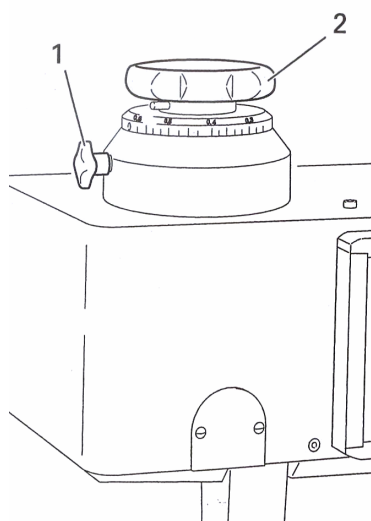
Pro odzkoušení kvality spoje je takto spojený materiál po vyzkoušení různých parametrů sváru nechán na rovné ploše k vychladnutí. Po vychlazení se zkouší, zda je kvalita spoje správná, tak že jsou materiály od sebe odtrženy.



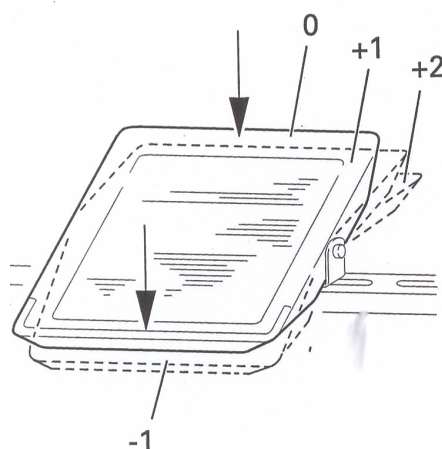
Obr.4.3 – Ultrazvukový svařovací stroj PFAFF 8310



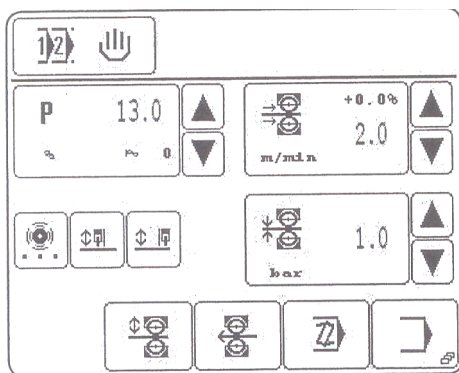
Obr.4.4 – detail výměny svařovacích válek



Obr.4.5 – šroub pro nastavení tlaku vrchního válku



Obr.4.6– fáze pedálu



- 1.nastavení kmitočtu,
- 2.nastavení rychlosti v m/min,
- 3.nastavení tlaku spodního válce,
- 4.zdvih vrchního válce,
- 5.zpětný chod

Obr.4.7-dotyková obrazovka

Materiál . 1, plošné hmotnosti  $620 \text{ g/m}^2$ , se při svařování vránil. Vrásnění způsoboval vysoký tlak svařovacích koleček, jejich tlak způsoboval stopy válce na povrchu spojovaných materiálů. Při snížení tlaku svařovacích koleček nedocházelo k kvalitnímu spojení, proto byla zvýšena amplituda a snížena rychlost podávání materiálu. U tohoto postupu přesto nedocházelo ke kvalitnímu spojení, a proto bylo nutné nastavení silnějšího tlaku spodního svařovacího kolečka. Při svařování se parametry dobré a špatné svařování materiálu od sebe liší jen nepatrně. Některé odlišnosti v kvalitách svárů při změnách svařovacích hodnot znázorňuje tabulka .3. Pro tento druh spoje byl použit oplátovaný šev. Dále byl použit hladký svařovací váleček o šířce 1,5cm.

Tabulka .3 – Materiál . 1					
PES s PVC nánozem	Amplituda [Hz]	Rychlost podávání materiálu [m/min]	Tlak vrchního svař.kolečka [N]	Tlak spodního svař.kolečka [N]	Kvalita spoje
$620 \text{ g/m}^2$	53	2	0,6	0,6	Nekvalitní spoj
$620 \text{ g/m}^2$	53	1,9	0,6	0,7	Kvalitní spoj
$620 \text{ g/m}^2$	54	1,8	0,6	0,7	Tavení materiálu

Materiál .2 polyester o plošné hmotnosti  $900 \text{ g/m}^2$  se spojoval lépe. Díky tuhosti tohoto materiálu nezanechávala svařovací kolečka na materiálu příliš silnou stopu. Při drobných změnách svařovacích hodnot docházelo k tavení materiálu. Při svařování se parametry dobré a špatné svařování materiálu mohou od sebe lišit jen nepatrně. Některé

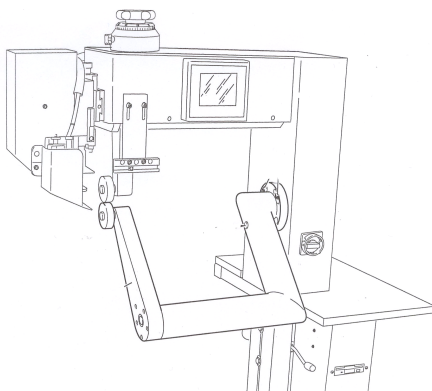
odlišnosti v kvalitách sváru při změnách svařovacích hodnot znázorňuje tabulka 4. Pro tento druh spoje byl použit nepřelátovaný šev. Dále byl použit hladký svařovací váleček o šířce 1,5cm.

Tabulka 4 – Materiál 2					
PES s PVC nánosem	Amplituda [Hz]	Rychlost posuvu materiálu [m/min]	Tlak Vrchního svař.kolečka [N]	Tlak spodního svař.kolečka [N]	Kvalita spoje
900g/m <sup>2</sup>	54	1,6	0,6	0,6	Nekvalitní spoj
900g/m <sup>2</sup>	54	2	0,6	0,8	Kvalitní spoj
900g/m <sup>2</sup>	55	1,9	0,6	0,8	Tavení materiálu

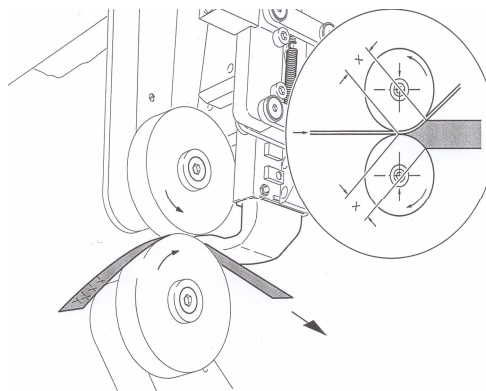
Pro zjištění správného nastavení svařovacích hodnot se provede zkouška na několika vzorcích materiálu. Při špatném nastavení svařovacích hodnot dochází při svařování materiál až k tavení materiál, nebo jeho nespojení. Nevýhodou při ultrazvukovém svařování je, že dochází k vráskám v materiálu v místě spoje, a to i přes různé hodnoty nastavení tlaku. Toto vráskání degraduje esteticky požadovaný spoj a snižuje i kvalitu spoje, protože může docházet při dlouhodobém zatížení ke vzniku trhlin. Správně vytvořený spoj je, když svařené materiály odtržené od sebe mají stržený ze svého povrchu nános PVC. Pro tento druh spoje byl použit nepřelátovaný šev. Dále byl použit hladký svařovací váleček o šířce 1,5cm. Materiál 1 ani materiál 2 bych na svařování ultrazvukem z hlediska kvality spoje nedoporučil.

#### 4.2.2 Materiál spojený horkým klínem

Materiály jsou dle [12,3] svařeny na stroji svařující materiál horkým klínem Pfaff 8304-020/01. Materiál prochází podávacími válci, přechodem přes horký klín je tento materiál nataven a spojen (viz obr.4.9). Dležitými hodnotami pro tento druh spojení jsou teplota klínu, tlak odváděcích koleček a rychlost podávání. Teplota spojování: 20°C - 450°C, rychlost svařování: až 10m/min v závislosti na materiálu, šířce švu: 7-30 mm, tloušťka materiálu: od 0,2 mm.

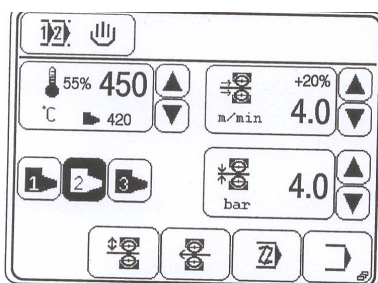


Obr.4.8-horký klín

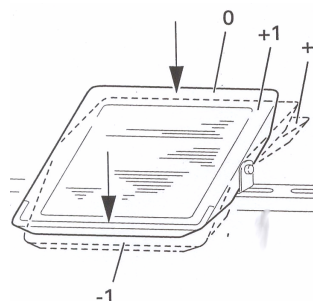


Obr.4.9-detail horkého klínu a přítlačných válek při svačování materiálu

Stroj se skládá z klínu a krytu, vrchního a spodního odváděcího koleka umístěného na vrchním a spodním rameni stroje (viz obr.4.8), dotykové obrazovky (viz obr.4.10) a pedálu na ovládání stroje (viz obr.4.11).



Obr.4.10-dotyková obrazovka (horký klín)



Obr.4.11-Fáze pedálu

Svačovací stroj je ovládán dotykovou obrazovkou na které se nastaví parametry spoje. První hodnota značí vyhřívatí klínu v  $^{\circ}\text{C}$ , druhá hodnota je rychlost odvádění materiálu v m/min, třetí značí tlak odváděcích koleček v barech, velikost klínu, zdvih přítlačných koleček a zpětný chod (viz obr.4.8).

Materiály jsou nejprve vloženy do vodících lišt které pomáhají držet materiály od sebe čímž vzniká stálý prostor pro klín. Přítlačné vodící válce mají různé povrchy. Stroj je uveden do chodu pomocí pedálu který pracuje na 2 fáze. Při prvním sešlápnutí se sevrou odváděcí kolečka materiál. Při druhé fázi se klín umístí směrem k materiálu a začne jej nahřívat. Fáze – 1 slouží k uvolnění materiálu z odváděcích elastických válců a jejich nadzvednutí (viz obr.4.9). Po odzkoušení svačování může být stroj naprogramován.

Takto spojený materiál je po vyzkoušení r zných parametr sváru nechán na rovné ploše k vychladnutí. Po vychlazení se zkouší zda je kvalita spoje správná, tak že jsou materiály od sebe odtrženy. Správn sva ené materiály mají ze svého povrchu stržený nános PVC.

P i sva ování materiálu .1 nedocházelo ve spoji k žádným problém m. Naopak spoj byl hladký i st vypadající. Sva ovací hodnoty byly stanoveny hned po prvním odzkoušení. Jediným nedostatkem tohoto zp sobu spojení bylo, že po n kolika spojeních z stávali na povrchu rozžhaveného klínu stopy PVC taveniny. P i sva ování se parametry dob e a špatn sva eného materiálu od sebe liší jen nepatrn . Odlišnosti v kvalitách sva eného spoje p i zm nách sva ovacích hodnot znázor uje tabulka .5.

Tabulka . 5 – Materiál . 1					
PES s PVC nánosem materiál .1	Teplota klínu [C°]	Rychlost vodících váln [m/min]	Tlak vrchního svar.válnce [N]	Tlak spodního svar.válnce [N]	Kvalita spoje
620 g/m <sup>2</sup>	203	1,2	0,7	1,6	Nekvalit ní spoj
620 g/m <sup>2</sup>	203	0,8	0,7	1,7	Kvalitní spoj
620 g/m <sup>2</sup>	204	0,8	0,7	1,7	Tavení materiálu

P i sva ování materiálu .2 nedocházelo k žádným problém m ve spoji. Naopak spoj byl hladký i st vypadající. Sva ovací hodnoty byly stanoveny hned po prvním odzkoušení. Na rozdíl materiálu .1 nedocházelo k p ílepování PVC na klín. P i sva ování se parametry dob e a špatn sva eného materiálu od sebe liší jen nepatrn . N které odlišnosti v kvalitách sváru p i zm nách sva ovacích hodnot znázor uje tabulka .6.

Tabulka . 6 – Materiál . 2					
PES s PVC nánosem materiál .2	Teplota klínu [C°]	Rychlost vodících váln [m/min]	Tlak Vrchního svar.válnce [N]	Tlak spodního svar.válnce [N]	Kvalita spoje
900g/m <sup>2</sup>	203	0,8	0,7	1,7	Nekvalitní spoj
900g/m <sup>2</sup>	204	0,7	0,7	1,8	Kvalitní spoj
900g/m <sup>2</sup>	204	0,6	0,7	1,9	Tavení materiálu

Pro tento druh spoje byl použit p eplátovaný šev. Dále byly použity hladké vodící vále ky o ší i 1,5cm. Za nízkých teplot v kombinaci s vysokou rychlostí, malým p ítlakem vodících vále k docházelo k nekvalitnímu spojení. Naopak p i nízké rychlosti, vysoké teplot a velkém p ítlaku docházelo k tavení materiálu.

P i správném nastavení sva ovacích parametr nedocházelo k žádné deformaci spoje ani k natvarování švu podle vodících vále k . P i sva ování se parametry dob e a špatn sva eného materiálu od sebe lišily jen málo. Tento spoj bych pro oba materiály doporu ila díky jeho kvalit a istot vzhledu.

#### 4.2.3 Materiál spojený horkým vzduchem

Materiály jsou sva eny na stroji sva ující materiál horkým vzduchem Pfaff 8304-020/01. Materiál prochází podávacími válci, pomocí horkovzdušné trysky je tento materiál nataven a po stla ení podávacími válci je materiál spojen. Teplota spojování: 20°C - 450°C, rychlost sva ování: až 10m/min v závislosti na materiálu, ší e švu: 7-30 mm, tlouš ka materiálu: od 0,2 mm.

P i sva ování materiálu horkým vzduchem byly nejd íve nastaveny parametry sva ovaného spoje na dotykové obrazovce, poté byl materiál vložen mezi odvád cí p ítlá né vále ky a zasunut do vodi . Mezitím se vzduch proudící z horkovzdušné trysky oh ál na požadovanou teplotu. Po uvedení stroje do chodu pomocí pedálu se tryska s horkým vzduchem p isunula mezi materiály, horký vzduch materiály natavil a odvád cí p ítlá né vale ky materiál tlakem spojily.

Takto spojený materiál je po vyzkoušení r zných parametr sváru nechán na rovné ploše k vychladnutí. Po vychlazení se zkouší kvalita sva eného spoje tak, že jsou materiály od sebe odtrženy. Správn sva ené materiály mají ze svého povrchu stržený nános PVC.

P i sva ování materiálu 620g/m<sup>2</sup> horkým vzduchem docházelo p i použití odvád cích vále k s hrubým povrchem i p i menším p ítlaku k otisku povrchu válce na povrch materiálu. Proto byl válec nahrazen válcem pryžovým. P i použití pryžových vále docházelo p i jejich velkém tlaku k vrásn ní a obalování sva ovaného materiálu kolem p ítlá ných vále k . Sva ování materiálu horkým vzduchem bylo hlu né a to díky silnému nánosu PVC. Hlu nosti sva ování se dalo áste n zabránit zvýšením rychlosti. Díky zvýšení rychlosti bylo nutné p enastavit všechny parametry (rychlost



proud ní vzduchu, tlak odvád cích válc ). I p es všechny tyto nedostatky byl nakonec spoj hladký bez jakéhokoli zvrásn ní. Pro sva ování materiálu PES s PVC zát rem byly použity parametry znázorn ěné v tabulce . 7. Pro spojení tohoto materiálu byl použit p eplátovaný šev. Dále byly použity hladké vodící vále ky o ší i 1,5cm.

Tabulka . 7 – Materiál . 1						
PES s PVC nánosem	teplota vzduch u [C°]	Rychlost proud ní vzduchu [m/min]	Tlak Vrchního svar.válce [N]	Tlak spodního svar.válce[ N]	Rychlost vodících váln m/min	Kvali ta spoje
620 g/m <sup>2</sup>	250	130	0,7	1,7	0,5	Nekv alitní spoj
620 g/m <sup>2</sup>	260	133	0,7	2,1	0,5	Kvali tní spoj
620 g/m <sup>2</sup>	260	140	0,7	2,1	0,5	Tave ní mater iálu

U materiálu . 2 o plošné hmotnosti 900g/m<sup>2</sup> nedocházelo p i spojování k problém m (nabalování materiálu na vodící p ítla ěné vále ky, vytla ění profilu vále k na povrch materiálu, hluk p i spojování), což zap í inila jejich objemnost a tuhost. Vzhled švu je ístý, hladký a pevný. P i sva ování se parametry dob e a špatn sva ěného materiálu mohou od sebe lišit jen nepatr n , p i menší zm n parametr už materiál nelze sva it nebo naopak dochází k tavení. Pro sva ování materiálu PES s PVC zát rem byly použity parametry znázorn ěné v tabulce . 8. Pro spojení tohoto materiálu byl použit p eplátovaný šev. Dále byly použity hladké vodící vále ky o ší i 1,5cm.

Tabulka . 8 – Materiál . 2						
PES s PVC nánozem materiál .2	teplota vzduchu [C°]	Rychlost proud ní vzduchu [m/min]	Tlak Vrchního svar.válc [N]	Tlak spodního svar.válc [N]	Rychlost vodících válc [m/min]	Kvali ta spoj
900g/m <sup>2</sup> a	222	114	0,7	2	0,5	Nekv alitní spoj
900g/m <sup>2</sup> a	230	122	0,7	2,1	0,5	Kvali tní spoj
900g/m <sup>2</sup> a	230	130	0,7	2,3	0,5	Tave ní mater iálu

Sva ení materiál horkým vzduchem je z hlediska kvality švu vhodné. Nep íjemný je hluk, který stroj p í sva ování vydává. P í použití jiných horkovzdušných strojích by k tomuto problému docházet nemuselo.

### 4.3 Hodnocení kvality spoj

#### 4.3.1 Zjišťování podélné a p í né pevnosti šv

Zkouška pevnosti je provedena pro ov ení kvality švu p í r zných technikách sva ování u r zných typ technických textilií. M ení pevnosti spoje je provedeno dle normy: Tahové vlastnosti šv plošných textilií a konfek ních výrobk SN 80 0841 ISO 13935-2 a SN 80 0842 ISO 13936-2, metoda strip a grap. Výsledkem zkoušky je velikost maximální síly švu do p etruhu, která p sobila p ímo na šev.

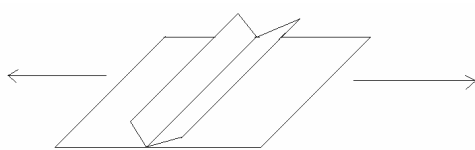
Zkouška je provedena na trhacím p ístroji TIRA TEST 2300, tento stroj je vybaven dvojicí pneumatických elistí z nichž jedna elist je pevná a druhá se pohybuje konstruk ní rychlostí po celou dobu zkoušky.

#### Stanovení pevnosti šv

Šev je spojení dvou a více díl stejných, nebo odlišných materiál sva ením, lepením, šitím. Pevnost je obecn definována jako odolnost proti p sobení vn jšího

prostředí zejména mechanickému namáhání. Pevnost švu se vyjadřuje velikostí síly, kterou je šev schopen odolat až do destrukce.

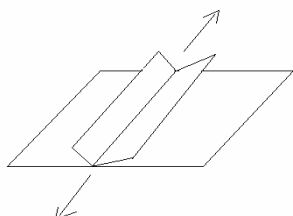
Namáhání šitého švu v podélném a příčném směru. Příčná pevnost vyjadřuje sílu působící kolmo na směr svařené švu, která způsobuje nevratné porušení švu. Podle tahové křivky příčné namáhání sešité textilie je charakterizováno náhlým poklesem pevnosti, nebo došlo k poškození v celé šířce vzorku. Podélná pevnost švu vyjadřuje sílu působící ve směru spoje. Lze také definovat podélnou roztažnost švu, která vyjadřuje prodloužení švu.



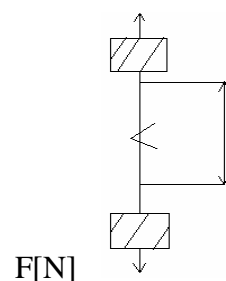
Obr.4.12-pevnost švu v příčném směru



Obr.4.13-tahová křivka



Obr.4.14 –pevnost švu v podélném směru



Obr.4.15 délka materiálu upnutého elistech

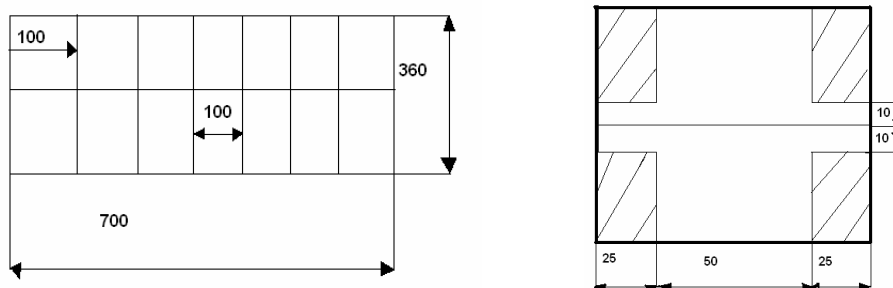
### SN EN ISO 13935-1 metoda STRIP

Metodou strip se zajišťuje maximální síla do prstů švu. Při této zkoušce je upnuta celá šířka vzorku v elistech zkušebního přístroje. Metoda je určena pouze pro rovné švy. Na základě zainteresovaných stran mohou být spojené textilie získány z předem zhotovených výrobků, nebo připraveny ze vzorků plošné textilie. Před prováděním trhací zkoušky musí být vzorky 24. hodin klimatizovány, ovzduší pro klimatizaci vzorků musí odpovídat požadavkům EN 20 139.

Zkušební vzorek plošné textilie o stanovených rozměrech se švem uprostřed je protahován kolmo ke švu při konstantní rychlosti až do přetržení švu. Zaznamenává se maximální síla nutná k přetržení švu. Po spojení materiálu o rozměrech 350 x 700 se švem uprostřed je z každého laboratorního vzorku vystřižena sada minimálně 5 vzorků o šířce 100mm. Každý vzorek se 4x nastříhne ve vzdálenosti 10 mm od švu do hloubky 25mm.

Na zkušebním stroji se nastaví upínací délka 200mm a délka prodloužení 100mm/min. Zkušební vzorek se upne tak, aby jeho podélná střední osa procházela středem přídenních hran. Po spuštění stroje a přetržení spoje se zaznamená maximální síla v Newtonech a uvede se zda došlo k přetržení textilie ve švu, nebo v elistech trhačického stroje. Při přetržení v elistech, nebo nepřetržení textilie se musí zkouška opakovat.

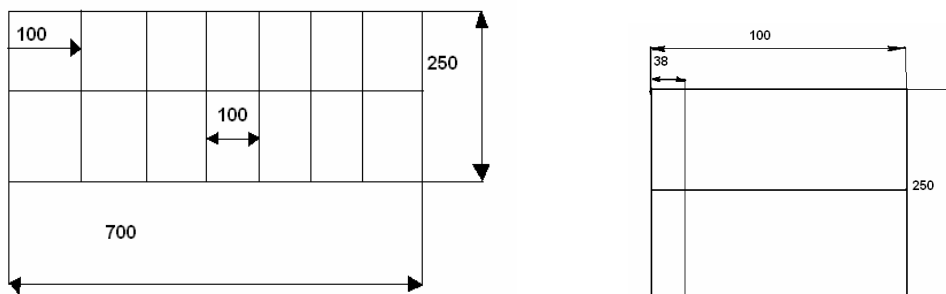
Pro každý zkoušený směr se vypočítá aritmetický průměr hodnot maximální síly v Newtonech.



Obr.4.16 velikost a tvar vzorků podle normy SN EN ISO 13935-1 metoda STRIP

### SN EN ISO 13935-2 metoda GRAP

Metoda grap se od metody strip liší ve způsobu upnutí vzorku a velikostí zkušebního vzorku. Při této metodě je materiál upnut pouze ve středové části. Velikost spojeného materiálu je 250x700mm. Poté se z materiálu vystříhne pět vzorků o šířce 100 mm.



Obr.4.17 – velikost a tvar vzorku podle a normy SN EN ISO 13935-1 metoda GRAP

### P í ná pevnost

P í trhání vzorku švu v p í ném sm ru byl vzorek zhotoven podle SN EN ISO 13935-1 metody Grap. Do elistí byl upnut na upínací délku 200mm. Materiál upnutý do elistí stroje se p í oddálení elistí prodlužoval až do p etržení ve švu. Po p etržení se elisti vrátily do p vodní polohy – 200mm upínací délky. V pr b hu zkoušky se v po íta í data vyhodnocovala a tvo il se graf. P í trhání bylo nutno použít ty pokusných vzork , nebo docházelo k p etruhu v elistech, nebo vykluzování vzork z elistí. Dalším problémem bylo ztrhávání PVC nánosu z materiálu.

Nam ená data pevnosti jednotlivých vzork jsou v p íloze . 3. V p íloze . 4 jsou umíst ny grafy pevností jednotlivých vzork . V tabulkách je vyhodnocen pr m r síly p sobící na materiál v Newtonech, pr m r prodloužení vzorku v % a další statistické výpo ty (viz p íloha . 3). Následující tabulky znázor ují rozdíly pevností vzork sva ených ultrazvukem, horkým klínem, horkým vzduchem (viz Tabulka . 10 Polyester z PVC nánosem, plošná hmotnost materiálu  $620\text{g/m}^2$ ,  $900\text{g/m}^2$ ).

### Podélná pevnost

Vzorek se upne do elistí tak, aby spoj byl uprost ed elistí a síla p sobila ve sm ru švu. Po spuštění stroje se horní elist pohybuje konstantní rychlostí, p í emž se zaznamenává závislost síly na zm n délky do grafu. Postupn dochází k napínání vzork až do p etruhu. Ze zobrazení grafu a hodnot, které se nam í jsou získány data síly pot ebné k p etruhu a zm ny délky zaznamenané p í této síle. Výsledky se zapíš í do tabulek.

Na trhání spojeného materiálu je p ípraveno p í vzork o ší ce 12mm, délka vzork musí byt dostate ná, tak aby vyhovovala upínací délce 100mm. P í podélném

trhání bylo použito několik pokusných vzorků, nebo docházelo k přetrhávání vzorků v elistech, vykluzování materiálů z elistů a strhávání nánosu PVC.

Naměřená data se statistickým vyhodnocením i grafy jednotlivých vzorků naleznete v příloze 3 a 4. Následující tabulka znázorňuje rozdíly pevností při spojení materiálu ultrazvukem, horkým klínem a horkým vzduchem (viz tabulka 10 Polyester z PVC nánosem, plošná hmotnost 900g/m<sup>2</sup>, 620g/m<sup>2</sup>).

Tabulka 10 – Podélná a Příčná pevnost svařovaného spoje				
	Materiál 1 – polyester s PVC nánosem 620 g/m <sup>2</sup>		Materiál 1 - polyester s PVC nánosem 900 g/m <sup>2</sup>	
	Příčná pevnost [N]	Podélná pevnost [N]	Příčná pevnost [N]	Podélná pevnost [N]
Ultrazvuk	191	1489	193	1816
Horký klín	1654	2875	2005	2898
Horký vzduch	1314	2211	1807	2803

Z tabulky 10 vyplívá, jaká byla použita průměrná síla pro přetržení svařovaného spoje (materiál 1, materiál 2). V příčném i podélném směru má u obou materiálů nejvyšší pevnost spoj při svaření horkým klínem. Naopak je to u spoje, který byl svařen ultrazvukem, tam je pevnost velmi nízká.

Graf 1 – podélná a příčná pevnost spojů materiálu 1

Graf .2 – podélná a příčná pevnost spoj materiálu .2

#### 4.3.2 Zjišťování vod odolnosti

U výrobků kde požadujeme vysokou odolnost vůči působení vody, se vodotěsnost spoj ověřuje testerem nepropustnosti švu. Před měřením se stanoví potřebný tlak a čas, po který bude šev vystaven požadovanému namáhání. Pokud šev nepropustí při nastavených parametrech vody, může se následně označit za vyhovující a dále použít pro výrobu. Výsledkem zkoušky je tlak v MPa, který se následně přepočítává na cm vodního sloupce. Používají se tlakové vodní testery. Nejčastěji jsou to přístroje přesné. Přístroje jsou založeny na principu působení tlaku na lící stranu textilie v místě švu.

Zkouška byla prováděna na přístroji SDML M 018. Přístroj SDML M 018 je určen pro stanovení odolnosti textilie proti pronikání vody pod tlakem do výše vodního sloupce 2500 mm. Měření bylo provedeno podle normy SN EN 20811(ISO 811). Vzorčky byly vystaveny z lící strany stoupajícímu tlaku vody, dokud se na těchto místech švu neobjevilo proniknutí vody.

Výsledkem měření proniknutí vody je tlak, který je vyjádřen výškou vodního sloupce. Na zkoušení je používána destilovaná nebo deionizovaná voda o teplotě  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Během měření přístroje je doplnění zásobníku vodou plně automatické. Rychlost zvyšování tlaku vody je proměnlivá. V přístroji je namontován digitální manometr s rozsahem od 0 do 1500 cm umožňující odečítat tlak s přesností na 0,1 % plné stupnice. Vzorky textilií určené pro zkoušení odolnosti proti pronikání vody pod tlakem, jsou odebírány z plošné textilie podle SN EN 12751, musí být před provedením zkoušky 24 hodin klimatizovány podle ISO 139 - normální klimatizované ovzduší, tj. relativní vlhkost  $(65 \pm 2) \%$  a teplota  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . S plošnou textilií je před zkoušením nutno manipulovat co nejméně. Je třeba zabránit vytvoření pěhybů a lomů. Pro zkoušku se používá přibližně vzorek z různých míst plošné textilie. Rozměr vzorku je o ploše  $100 \text{ cm}^2$  tvar kruhu.

Podmínky při zkoušení materiálu polyesteru z polyvinylchloridovým nánosem. Klimatické podmínky při zkoušení textilie na tlakovém testeru - teplota  $21^\circ\text{C}$ , tlak 40%. Teplota destilované vody při zkoušce  $25^\circ\text{C}$ . Tlak působící na zkušební vzorek materiálu zespodu. Rychlost zvyšování vodního sloupce  $60 \text{ cm/min}$ . Vzorky jsou tlakem vody namáhány z lící strany. Při testování všech vzorků, spojených na všech těchto typech strojů, nedošlo u žádného z nich k propuštění tlakové vody. Vodní sloupec dosahoval 2500 mm. Není však vyloučeno, že materiál může dosáhnout nepropustnosti i vyššího vodního sloupce než je 2500 mm.

## 5 Diskuze

Zhodnocení spojování materiálů - při spojování obou materiálů na ultrazvukovém stroji docházelo k zvrásněnímu spojení, které způsobuje tlak svařovacích válečků. Při snížení tlaku však docházelo k nekvalitnímu spojení materiálů. Při spojování daného materiálu ultrazvukem, nebylo snadné nastavit vhodné parametry, tak aby mohlo dojít ke kvalitnímu spojení textilií. Tento způsob spojení bych pro tento druh materiálu nedoporučovala. Ani z hlediska pevnosti v podélném a příčném směru se spojení neosvědčilo. Přestože kvalita spoje není příliš vysoká, nedošlo při tomto způsobu spojení materiálu k propuštění švu tlakovou vodou do výšky vodního sloupce 2500 mm.

Svaření materiálu horkým klínem se vyznačovalo daleko lepšími vlastnostmi spoje než byly zjištěny u ultrazvuku. Při natavení spojovaných částí materiálu



nedocházelo k žádnému narušení materiálu ani jeho vrásnění po následném stlačení vodícími válci. Při svařování horkým klínem po spojení několika vzorků zanechával materiál stopy taveniny PVC na klínu, to se stávalo pouze u materiálu . 1. U materiálu . 2 nedocházelo k žádným problémům. Ke zkoušení pevnosti bylo použito mnoho pokusných vzorků nebo docházelo k přetrhování materiálu v elitech. Zkoušením pevnosti tohoto švu se ukázalo, že pevnost je vysoká v obou směrech, jak příčným tak v podélném. Při zkoušce propustnosti švu tlakovou vodou neprošla voda skrz šev do výšky vodního sloupce 2500 mm.

Spojení materiálu pomocí horkého vzduchu probíhalo podobným způsobem jako svařování materiálu horkým klínem. U tohoto způsobu spojení byl klín nahrazen tryskou vypouštějící horký vzduch. Po spojení materiál byla textilie stlačena a odváděna vodícími válci. Tlakem válce docházelo u materiálu . 1 k nabalování materiálu na vodící válec, což způsobilo otisk na jedné straně spojeného materiálu. Proto byl výměnný vodící váleček s hrubším povrchem za hladký váleček a snížen tlak vodících válců. U materiálu . 2 k tomuto problému nedocházelo, protože materiál má vyšší tuhost. Když je materiál spojován nízkou rychlostí, dochází díky nánosu PVC na textilií k velké hlučnosti. Při svařování bylo nutné pro dobré spojení materiál nastavit vysokou teplotu a rychlost proudění vzduchu. Kvalita spoje se podobala kvalitě spojení materiál horkým klínem. Pevnost v podélném a v příčném směru byla nižší než u materiálu spojených horkým klínem. Tento spoj nepropustil tlak vody ve výšce vodního sloupce 2500 mm.

## 6 Závěr

V první části se bakalářská práce zabývá současnými technologiemi spojování technických textilií nekonvenčními způsoby. Jsou zde také prozkoumány druhy nejčastěji používaných materiálů pro technickou konfekci a jejich využití v podobě produktů. Tato část také obsahuje vybrané stroje pro nekonvenční spojování technických textilií. Dále popisuje mechanické vlastnosti produktů z technických textilií ve švu.

Druhá část bakalářské práce je experiment, kde se porovnávají tři druhy spojování - a to svařování materiálu horkým klínem, horkým vzduchem a ultrazvukem. K spojení materiálu touto metodou je použito svařovacích strojů od firmy Pfaff (8310, 8304-

020/01). Sva eny jsou materiály polyester s polyvinylchloridovým nánosem o hmotnostech  $620\text{g/m}^2$  a  $900\text{g/m}^2$  p eplátovaným švem. Tyto materiály firmy používají jako autoplachty. P i sva ování je použito hladkých p ítla ných vále k o ší i 1,5 cm, který ur uje ší i švu 1,5 cm. Spoj je podroben zkoušce pevnosti v p í ném a podélném sm ru na trhacím p ístroji TIRA TEST 2300 a je podroben zkoušce na p ístroji pro prostup tlakové vody SDML M 018.

Pro polyester s polyvinilchloridovým nánosem bych doporu ila zp sob sva ení horkým klínem, protože u tohoto materiálu dochází k pevnému spojení v obou sm rech a p i ohybu spojeného materiálu nedochází k vrásn ní. Spoj má hezký hladký vzhled. Spojit lze velké plochy materiálu v pom rn krátkém asovém úseku. Spoj je nepropustný do výšky vodního sloupce 2500mm, což je nejvyšší propustnost na laboratorním stroji, a proto je pravd podobné že vydrží ješt mnohem vyšší tlak vody.

Mén vhodným se tedy stává spojování materiálu horkým vzduchem, kde dochází k ur ité hlu nosti p i sva ování. P esto se tento nedostatek dá áste n odstranit zvýšením rychlosti vodících válc . Klad tohoto zp sobu sva ování m žeme nalézt v kvalit vzhledu švu, pevnosti švu a nepropustnosti švu. I p es hlu nost sva ování bych tento zp sob spojení doporu ila, protože kvalita spoje je podobná kvalit švu spojovanému horkým klínem.

Ultrazvukové sva ování bych pro polyester s PVC nánosem nedoporu ila, protože spoj je po sva ení zvrásn ný. Spoj je nevzhledný a také nepevný. Je tudíž pravd podobné, že by ásem vlivem mechanického namáhání mohlo dojít k rozpadu spoje.

Materiály byly sva eny na Kated e od vniectví, Fakulty textilní na Technické univerzit v Liberci. Propustnost švu tlakovou vodou byla testována na Kated e od vniectví Fakulty textilní na Technické univerzit v Liberci. Pevnost spoje v podélném a p í ném sm ru byla testována na kated e Textilních materiál Fakulty textilní na Technické univerzit v Liberci. Testovaný materiál byl získán od firmy SVITAP J.H.J. spol. s r.o.

## 7 Použitá literatura:

- [1] ŠVÉDOVÁ, J.: Technické textilie. Praha: SNTL, 1978
- [2] Lizák, Pavol. Militký, Jiří.: Technické textilie. Ružomberok : Nadácia pre rozvoj textilného vysokošk. vzdelania, 2002
- [3] Sodomka, Lubomír.: Struktura, vlastnosti, diagnostika a nové technologie oddělování, spojování a pojení textilií. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2002
- [4] Ing Jana Zouharová.: Výroba oděvů II. Liberec: Technická univerzita, 2003
- [5] Militký Jiří.: Textilní vlákna. Liberec: Technická univerzita, 2002
- [6] Loyda, Miloslav.: Svačování termoplastů. Praha: 2001
- [7] Meloun, M-Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. Praha: Academia 2004
- [8] Kovář, V.: Textilní zkušebnictví. Liberec: Technická univerzita, 2002
- [9] Stíž, B.: Mechanika textilií. Liberec: Technická univerzita, 2003

## 8 Internetové odkazy

- [10] Textil – technické textilie, [online]. [20.12.2007]. Dostupné na webu <<http://www.textil.cz>>
- [11] Svitap – výroba technických textilií a textilních produktů, [online]. [20.1.2008]. Dostupné na webu <<http://www.svitap.cz>>
- [12] Pfaff – svačovací stroje, [online]. [20.2.2008]. Dostupné na webu <<http://www.pfaff.com>>
- [13] Welding – svačování textilií, [online]. [13.1.2008]. Dostupné na webu <<http://www.welding.cz>>
- [14] Fatra – zposobování spojování folií, [online]. [7.1.2008]. Dostupné na webu <<http://www.fatra.cz>>
- [15] Industry – svačování, [online]. [2.2.2008]. Dostupné na webu <<http://www.industry.cz>>

- [16] Technický týdeník – laserové svařování, [online]. [12.11.2007]. Dostupné na webu<<http://www.technickytydenik.cz>>
- [17] Mehler Tex•nologies – technické textilie, [online]. [20.10.2007]. Dostupné na webu<<http://www.mehlerhaku.com>>
- [18] Emeraldin – 1.Shi,W.,Little,Mechanisms of ultrasonic joining of textile materials,International Journal of Clothing Science and technology 2000,Vol.12 No. 5,pp. 331-350
- 2.Rogale,D.,Zdrag ević,Z.:Technike konfekcioniranja tehnog textila, Tekstil, 2002,Vol.No.2,pp.64-67
- 3.Vujasinovic,E.,Jankovic,Z., Amadeus,M.A.J.,Drag ević,Z.,Rogale,D.:Investigation of the strenght of ultrasonically welded sails, International Journal of ultrasonically welded sails, International Journal of Clothing Science and technology ,2007,Vol.19,No.3/4 pp. 204-214 , [online]. [18.12.2007]. Dostupné na webu: <<http://www.emeraldin.com>>
- [19] Forsstrom – vysokofrekvenční svařování, [online]. [2.12.2007]. Dostupné na webu: <<http://www.forsstrom.com>>
- [20] Leister – horkovzdušné svařování, [online]. [21.11.2007]. Dostupné na webu: <<http://www.leister.cz>>
- [21] Shapeart – vysokofrekvenční svařování, [online]. [12.11.2007]. Dostupné na webu: <<http://www.shapeart.cz>>
- [22] Nucleus – ultrazvukový svařovací stroj, [online]. [2.2.2008]. Dostupné na webu: <<http://www.nucleus-gmbh.com> >
- [23] Thonauer – technický textil, [online]. [2.12.2007]. Dostupné na webu<<http://www.thonauer.at/cz> >
- [24] Dimension Polyant – výroba lodních plachet, [online]. [12.2.2008]. Dostupné na webu<<http://www.dimension-polyant.com>>
- [25] Twitraining – autoplachty, [online]. [13.12.2007]. Dostupné na webu<<http://twitraining.com/>>
- [26] Trigi – výroba produktů z technického textilu, [online]. [26.10.2007]. Dostupné na webu<<http://www.trigi.cz>>

- [27] Techtex – technické textilie, [online]. [1.2.2008]. Dostupné na webu<<http://www.techtex.cz>>
- [28] Mmspectrum [online]. [19.2.2008]. Dostupné na webu<<http://www.mmspectrum.com>>
- [29] Jenoptik – laserové svařovací stroje, [online]. [20.2.2008]. Dostupné na webu<<http://www.jenoptik.com>>
- [30] Egema – nafukovací haly, [online]. [13.12.2007]. Dostupné na webu<<http://www.egema.cz/>>
- [31] Archtex – textilní membránové konstrukce, [online]. [12.11.2007]. Dostupné na webu<<http://www.archtex.cz>>

## 9 Seznám, obrázk , grafu, tabulek

Obr. 2.1 Jednoduchý svár.....	12
Obr. 2.2 – Dvoustopý svár .....	12
Obr. 2.3 – Extruzivní spojení .....	12
Obr. 2.4 – P eplátovaný spoj.....	12
Obr 2.5 – Horkovzdušný svařovací stroj variant.....	13
Obr 2.6 – Autoplachta.....	14
Obr 2.7 – Velkoprostorová hala .....	14
Obr. 2.8 – Pfaff 8304 .....	15
Obr.2.9 schéma svařování horkým klínem .....	15
Obr.2.10-1 stroj Leister Comet.....	16
Obr.2.10-2. klín na tenké folie .....	16
Obr.2.10-3 .klín na tlusté folie .....	16
Obr 2.11 – Atypické zastřešení .....	16
Obr 2.12 – Stan.....	16
Obr 2.13 – Vysokofrekvenční svařování, materiál mezi elektrodami.....	18
Obr. 2.14 – Vysokofrekvenční svařovací stroj od firmy Forsstrom.....	19
Obr 2.15 – Membránová konstrukce .....	19
Obr. 2.16 - Vzorky 4D membránové lodní plachtoviny .....	21
Obr. 2.17- Pfaff 8310 .....	22
Obr.2.18- Svařovací kolečka s profily .....	22
Obr.2.19-Ultrazvukový svařovací stroj ROTOSONIC V 4 E.....	23
Obr.2.20 – Svařovací kolečka ROTOSONIC V 4 E .....	23
Obr. 2.21 – Dotyková obrazovka ROTOSONIC V 4 E.....	23
Obr.2.22 – Výstup pro USB a síťový kabel ROTOSONIC V 4 E.....	23
Obr. 2.23 – Plachetnice s plachtami od firmy Dimension- polyant .....	24
Obr. 2.24 Svařovací stroj Jenoptik VOTAN W .....	25
Obr. 2.25 – Nafukovací stavba .....	
Obr. 2.26 – Airbagy .....	26

Obr.4.1 materiál PES s PVC nánosem 620 g/m <sup>2</sup> .....	29
Obr.4.2 materiál PES s PVC nánosem 900 g/m <sup>2</sup> .....	29
Obr.4.3 – Ultrazvukový svařovací stroj PFAFF 8310 .....	31
Obr.4.4 – detail výměny svařovacích válečků .....	31
Obr.4.5 – šroub pro nastavení tlaku vrchního válečku .....	31
Obr.4.6– fáze pedálu .....	31
Obr.4.7-dotyková obrazovka .....	32
Obr.4.8-horký klín	
Obr.4.9-detail horkého klínu a přítlačných válečků při svařování materiálu .....	34
Obr.4.10-dotyková obrazovka (horký klín)	
Obr.4.11-Fáze pedálu .....	34
Obr.4.12-pevnost švu v příčném směru .....	39
Obr.4.13-tahová křivka .....	39
Obr.4.14 –pevnost švu v podélném směru .....	39
Obr.4.15 délka materiálu upnutého v elistech .....	39
Obr.4.16 velikost a tvar vzorku podle normy SN EN ISO 13935-1 metoda STRIP40	
Obr.4.17 – velikost a tvar vzorku podle normy SN EN ISO 13935-1 metoda GRAP	

### Seznam Graf :

Graf .1 pevnosti spoj v podélném a příčném směru materiál . 1

Graf .2 pevnosti spoj v podélném a příčném směru materiál . 2

### Seznam tabulek:

Tabulka .1 – polyester PVC nánosem .....	29
Tabulka .2 – polyester PVC nánosem .....	29
Tabulka .3 – Materiál . 1 .....	32
Tabulka .4 – Materiál . 2 .....	33
Tabulka .5 – Materiál . 1 .....	35
Tabulka .6 – Materiál . 2 .....	35
Tabulka .7 – Materiál . 1 .....	37
Tabulka .8 – Materiál . 2 .....	38
Tabulka .10 – Podélná a Příčná pevnost svařovaného spoje .....	42

## 10 Seznam příloh

Příloha.1

Tabulky nepoužívaných materiálů

Příloha .2

Zátěrové a membránové materiály

Příloha .3

Tabulky podélné a příčné pevnosti

Příloha .4

Grafy pevností

Příloha .5

Vzorky materiál

## **Přílohy**

**Seznam příloh**

Příloha.1

Tabulky nejpoužívanějších materiálů

Příloha .2

Zátěžové a membránové materiály

Příloha .3

Tabulky podélné a příčné pevnosti

Příloha .4

Grafy pevností

Příloha .5

Vzorky materiálů



**Příloha .1**  
**Tabulky nejpoužívanějších materiálů**

Tabulka .1 Materiály používané na membránové konstrukce				
	materiál	plošná hmotnost (g/m <sup>2</sup> )	pevnost v tahu (N/5cm)	Průsvitnost
bez povrchové úpravy	Bavlněné tkaniny	350 – 520	1700/1000 – 2500/2000	Různá - dle barvy
	tkaniny z PTFE	300 – 700	2390/2210 – 4470/4510	až 37%
s povrchovou úpravou	PES/PVC typ I	800	3000/3000	do 20%
	typ II	900	4400/3950	do 17,5%
	typ III	1050	5750/5100	do 15%
	typ IV	1300	7450/6400	do 12,5%
	typ V	1450	9800/8300	do 10%
	typ VI	2000	13000/13000	do 7,5%
	skelná vlákna/PTFE	800-1550	3500/3500 – 7500/6500	8-15%
	skelná vlákna/silikon	800-1270	3500/3000 – 6600/6000	až 25%

Tabulka . 2 – Nejpoužívanější materiály na technické textilie							
Materiál	Složení Základ	Tažnost N/50mm	Pevnost A	Adheze N/cm	Hmotnost g/m <sup>2</sup>	Teplota °C	Jemnost Dtex
Polymar	PES	3000/3000	300/300	20	680	-30°/+70°	1100

traffic	PVC						
Polymar tarp	PES PVC	2000/2000	200/200	15	560	-25°/+70°	1100
Valmex Traintex	Aramid PVC	8500/7000	650/650	20	1000	-30°/+70°	1680
Polymar hochglanz	PES PVC	2500/2500	250/250	20	650	-30°/+70°	1100
Plastel TE 62	PES PVC	2000/2000	200/200	15	600		1100
Valmex FR 700 stripes	PES PVC	3000/3000	300/300	20	680	-30°/+70°	1100

Tabulka .2 Technické tkaniny vyrobené eskými výrobci				
Materiál		hmotnost (g/m <sup>2</sup> )	pevnost (N)/200x50mm	
osnova	útek		osnova	útek
(PES+VS)	PAD	860	15000	2800
(PAD+VS)	(PAD+VS)	1400	22000	6500
PES	bavlna 100%	385	4850	14
ba/VS 60/40%	ba/VS 60/40%	290	800	850
(PES+VS)	PAD	590	6200	3200

Tabulka .3 Materiály používané na nafukovací haly			
		tepelný odpor R (m <sup>2</sup> K/W)	sou initel tepelného prostupu U (W/m <sup>2</sup> K)
membrána	jednovrstvá	0,17	5,72
	dvouvrstvá	0,33	3,2-2,71
	t ívrstvá	0,60	1,67
nafukovací polštá ETFE	2 vrstvy	0,34	2,94
	3 vrstvy	0,51	1,96
	4 vrstvy	0,68	1,47
	5 vrstev	0,85	1,18

**Příloha .2****Zátrové a membránové materiály**

Zátrové materiály charakteristika:

Zátrové materiály vznikají několikanásobným nanášením vhodné hmoty přímo na nosnou tkaninu. Podle nanášené hmoty pak rozlišujeme zátrvy na bázi polyuretanu (PU), akrylu a polyvinylchloridu (PVC) zátrv je z jedné nebo s obou stran.

Membránové materiály charakteristika:

Membránové materiály vznikají spojením membrány a nosné tkaniny. Membránou pak rozumíme tenkou vrstvu polymerního materiálu. Tloušťka membrány se pohybuje řádově v jednotkách mikrometrů. Membránové materiály se také často označují jako lamináty. Membrána má v membránovém materiálu za úkol nepustit vodu zvenčí, ale umožnit prostup vodních par. Jako materiál pro membránu se nejčastěji používá polytetrafluorethylen (PTFE), polyester (PES) nebo polyuretan (PU).

**Příloha .3****Tabulky podélné a příčné pevnosti spoje**

Podélná pevnost tabulky:

Tabulka . 1 – podélná pevnost spoje		
horký klín		
620 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	20,3436	2928,663
vzorek2	20,3456	2841,392
vzorek3	20,3488	2833,105
vzorek4	20,3741	2873,211
vzorek5	20,3473	2897,758
Průměr C	20,352	2874,826
výběrový rozptyl	0,000158	1571,345
směrodatná odchylka	0,012572	39,6402

varia ní koeficient	0,061775	1,378873
------------------------	----------	----------

Tabulka . 2 – podélná pevnost spoje		
ultrazvuk 620 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	18,14316	1396,903
vzorek2	19,0097	1428,679
vzorek3	18,72	1300,12
vzorek4	18,45	1697,55
vzorek5	20,33	1621,03
Pr m r C	18,93057	1488,856
výb rový rozptyl	0,714992	27180,26
sm rodatná odchylka	0,845572	164,8644
varia ní koeficient	4,4667	11,07322

Tabulka . 3 – podélná pevnost spoje		
horký vzduch 620 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	17,59	2526,16
vzorek2	26,11	2206,25
vzorek3	24,39	2034,32

vzorek4	24,55	1884,14
vzorek5	26,58	2404,94
Pr m r C	23,844	2211,162
výb rový rozptyl	13,13238	68753,57
sm rodatná odchylka	3,623863	262,209
varia ní koeficient	15,19822	11,85843

Tabulka . 4 – podélná pevnost spoje		
horký vzduch		
900 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení	Síla
	[%]	[N]
vzorek1	21,69	2369
vzorek2	22,79	3495,38
vzorek3	21,24	2694,12
vzorek4	20,75	2567,46
vzorek5	22,94	2887,6
Pr m r C	21,882	2802,712
výb rový rozptyl	0,91857	185559,2
sm rodatná odchylka	0,958421	430,7658
varia ní koeficient	4,37995	15,36961

Tabulka . 5 – podélná pevnost spoje		
horký klín		

900 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	21,41	2913,23
vzorek2	22,93	2397,61
vzorek3	25,96	2763,77
vzorek4	25,06	3222,09
vzorek5	25,28	2995,4
Průměr C	24,13	2898,42
výběrový rozptyl	3,593675	125832
směrodatná odchylka	1,9	447,11
variační koeficient	7,86	16,57

Tabulka 6 – podélná pevnost spoje		
ultrazvuk 900 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	20,75	1802,75
vzorek2	20,22	1959,49
vzorek3	21,48	2139,35
vzorek4	21,08	1857,14
vzorek5	21,8	1820,18
Průměr C	18,27	1815,78
výběrový rozptyl	10,1535	31812,47

sm rodatná odchylka	3,69	553,62
varia ní koeficient	20,21	30,49

Tabulka . 1 – p í ná pevnost spoje		
ultrazvuk 620 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	3,61	201,781
vzorek2	3,08	204,89
vzorek3	2,58	172,39
vzorek4	2,58	172,39
vzorek5	4,2	202,33
Pr m r C	3,21	190,7562
v ýb rov ý rozptyl	0,4877	282,4745
sm rodatná odchylka	0,698355	16,80698
varia ní koeficient	21,75561	8,810711

Tabulka . – podélná pevnost spoje		
horký klín 620 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	19,59	1728,71



vzorek2	18,91	1792,12
vzorek3	18,22	1672,71
vzorek4	16,74	1523,65
vzorek5	17,84	1554,24
Pr m r C	18,26	1654,286
výb rový rozptyl	1,16995	12987,89
sm rodatná odchylka	1,081642	113,9644
varia ní koeficient	5,923561	6,88904

Tabulka . 3 – podélná pevnost spoje		
horký vzduch		
620 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení	Síla
	[%]	[N]
vzorek1	3,3	1261,82
vzorek2	4,03	1275,32
vzorek3	3,86	1235,6
vzorek4	3,68	1312,97
vzorek5	5,21	1486,05
Pr m r C	4,016	1314,352
výb rový rozptyl	0,51893	9991,775
sm rodatná odchylka	0,720368	99,95886
varia ní koeficient	17,93745	7,605182

Tabulka . 4 – podélná pevnost spoje		
ultrazvuk 900 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	2,58	172,39
vzorek2	3,21	175,04
vzorek3	4,08	206,47
vzorek4	2,71	206,04
vzorek5	2,71	206,04
Průměr C	3,058	193,196
výběrový rozptyl	0,38457	317,1664
směrodatná odchylka	0,620137	17,80917
variační koeficient	20,27917	9,218186

Tabulka . 5 – podélná pevnost spoje		
horký klín 900 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	8,61	2017,81
vzorek2	8,61	2017,81
vzorek3	9,44	2043,5
vzorek4	9,08	2048,9
vzorek5	8,52	1898,56
Průměr C	8,852	2005,316

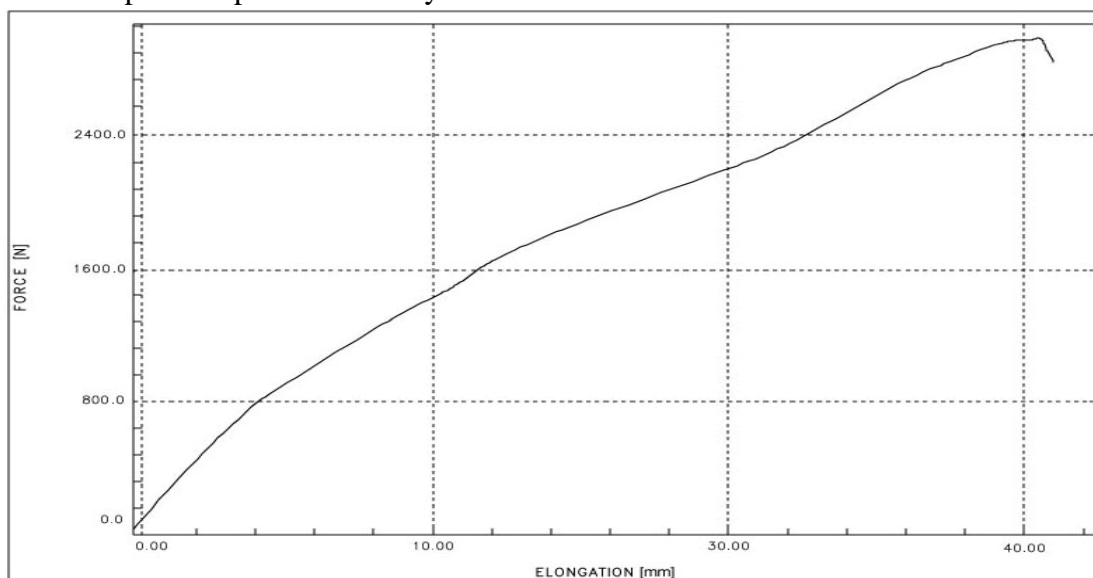
výběrový rozptyl	0,15627	3766,657
směrodatná odchylka	0,39531	61,37309
variační koeficient	4,465771	3,06052

Tabulka 6 – podélná pevnost spoje		
horký vzduch 900 g/m <sup>2</sup>		
	Prodloužení [%]	Síla [N]
vzorek1	13,39	1774,1
vzorek2	12,15	1819,55
vzorek3	20,08	1805,62
vzorek4	20,62	1790,65
vzorek5	12,11	1847,14
Průměr C	15,67	1807,412
výběrový rozptyl	18,55325	779,8776
směrodatná odchylka	4,307348	27,92629
variační koeficient	27,48786	1,545098

## 11 Příloha . 4

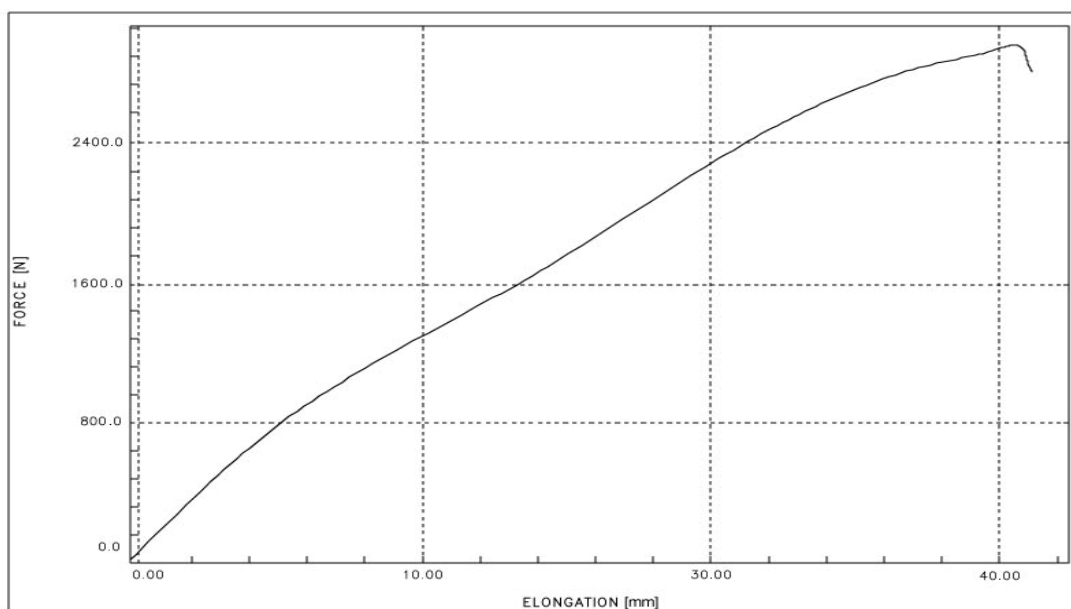
### Grafy podélné a příčné pevnosti

Graf . 1 podélná pevnost – horký klín - materiál . 1



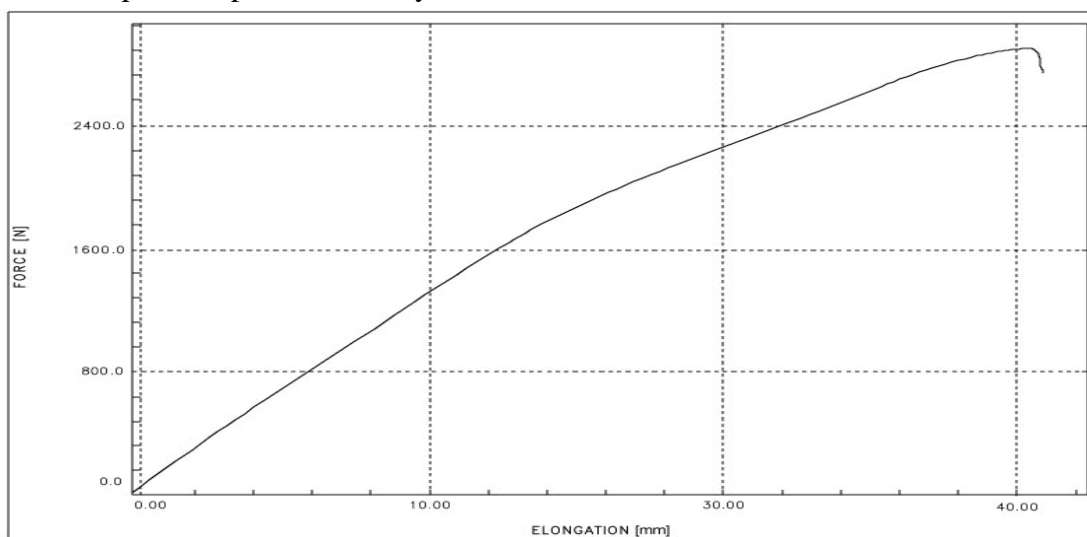
vzorek . 1

Graf . 2 podélná pevnost – horký klín- materiál . 1



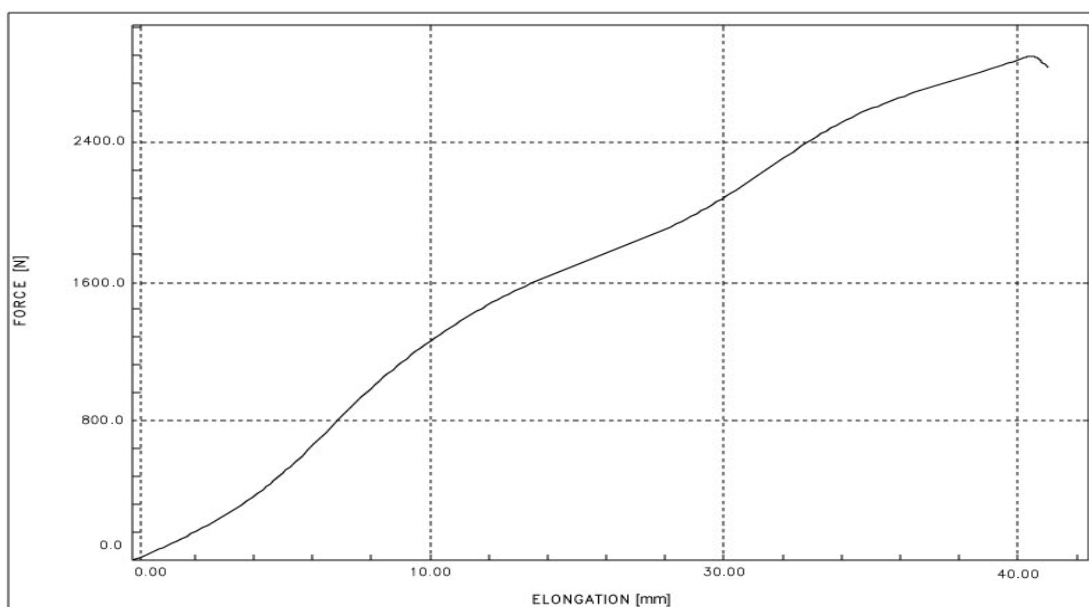
vzorek . 2

Graf . 3 podélná pevnost - horký klín - materiál . 1



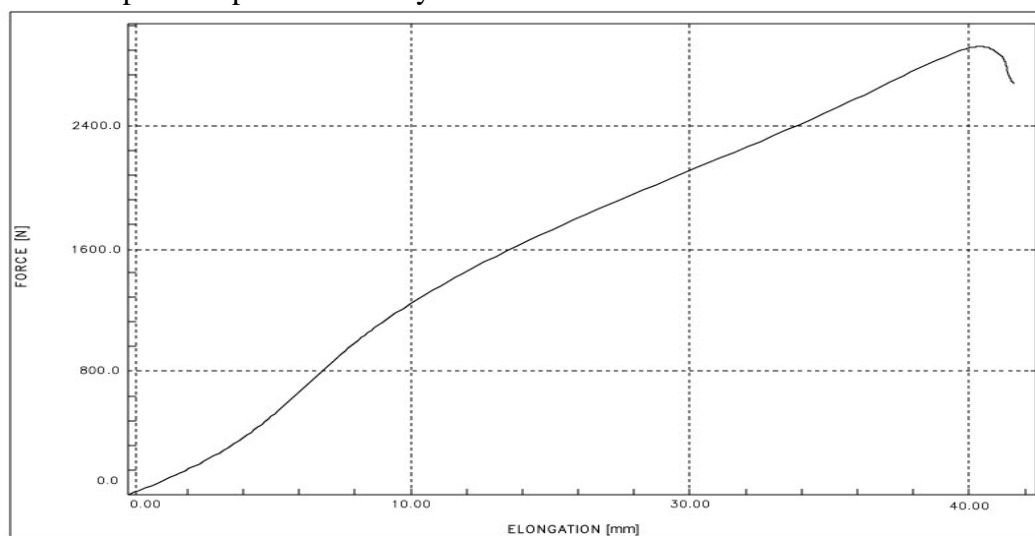
vzorek . 3

Graf . 4 podélná pevnost - horký klín - materiál . 1



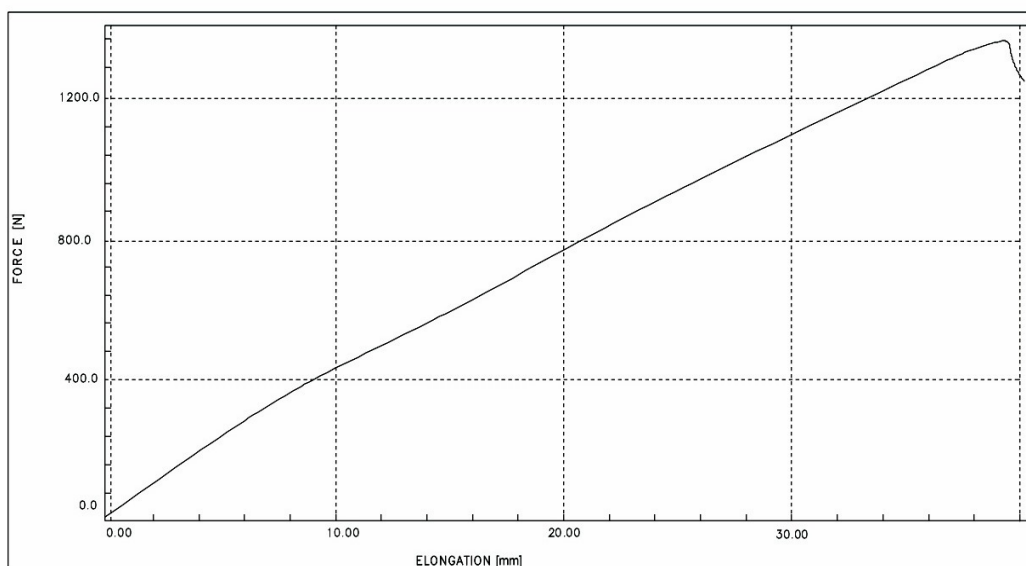
vzorek . 4

Graf . 5 podélná pevnost - horký klín - materiál . 1



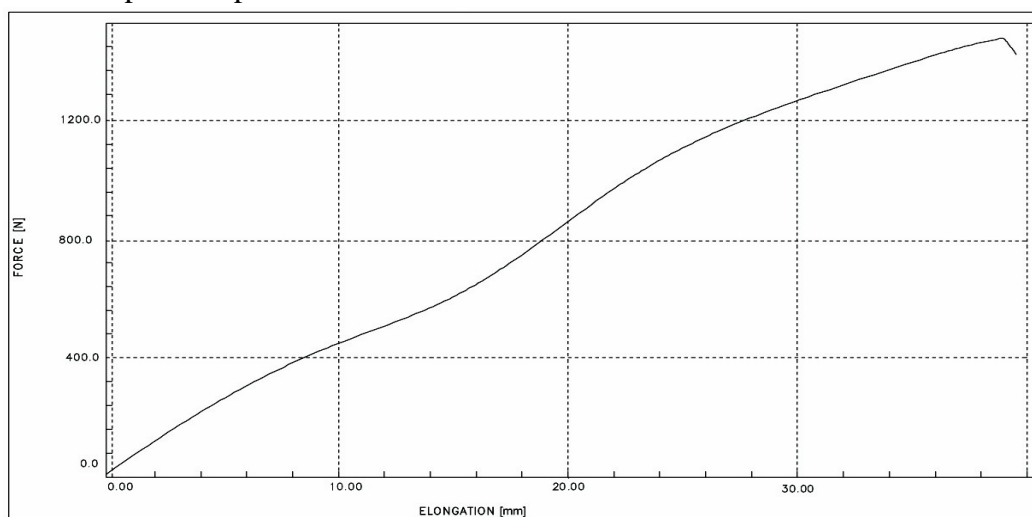
vzorek . 5

Graf . 6 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1



vzorek . 1

Graf . 7 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1

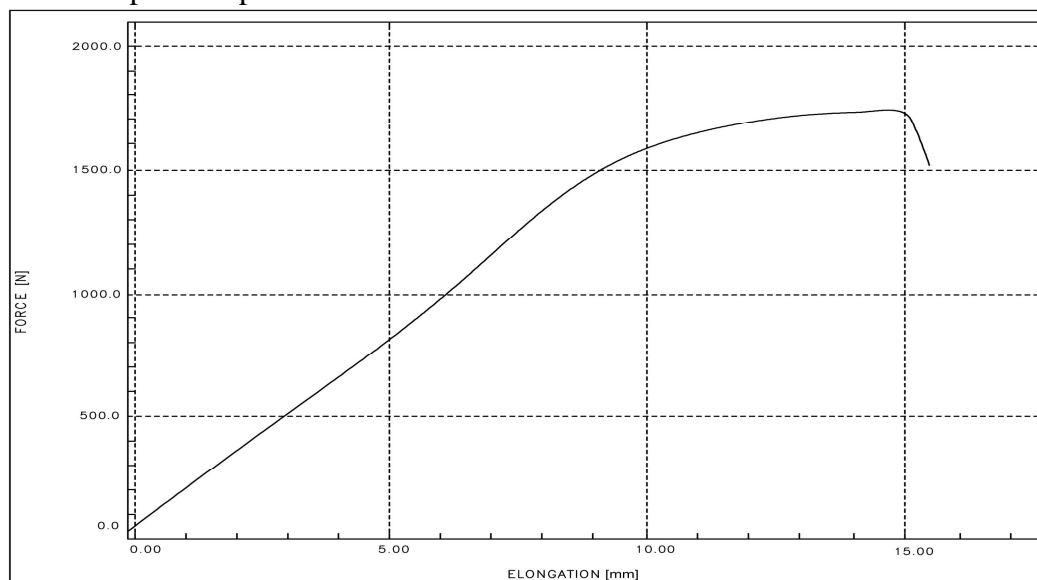


vzorek . 2

Graf . 8 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1

vzorek . 3

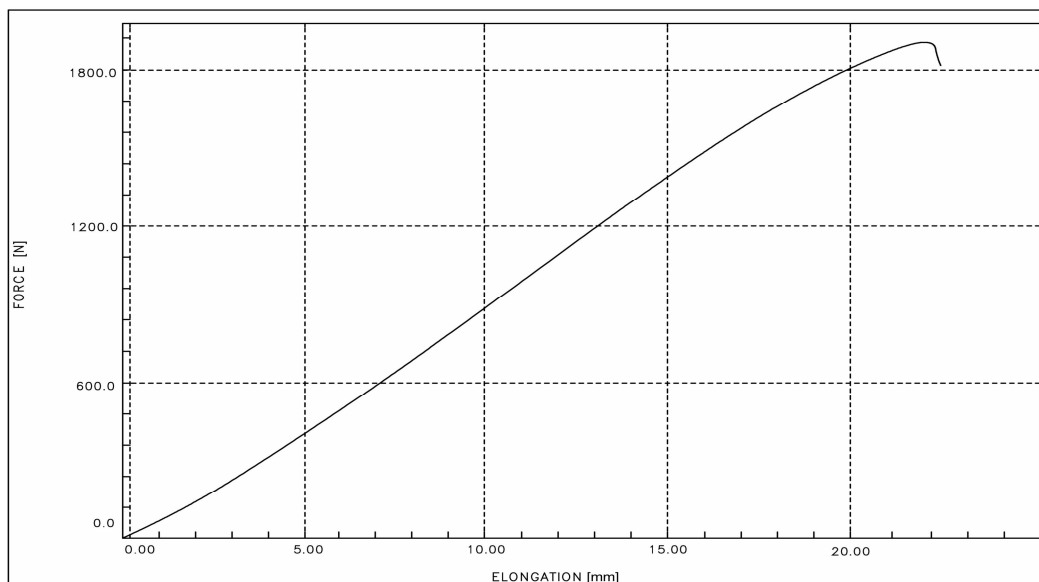
Graf . 9 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1



vzorek . 4

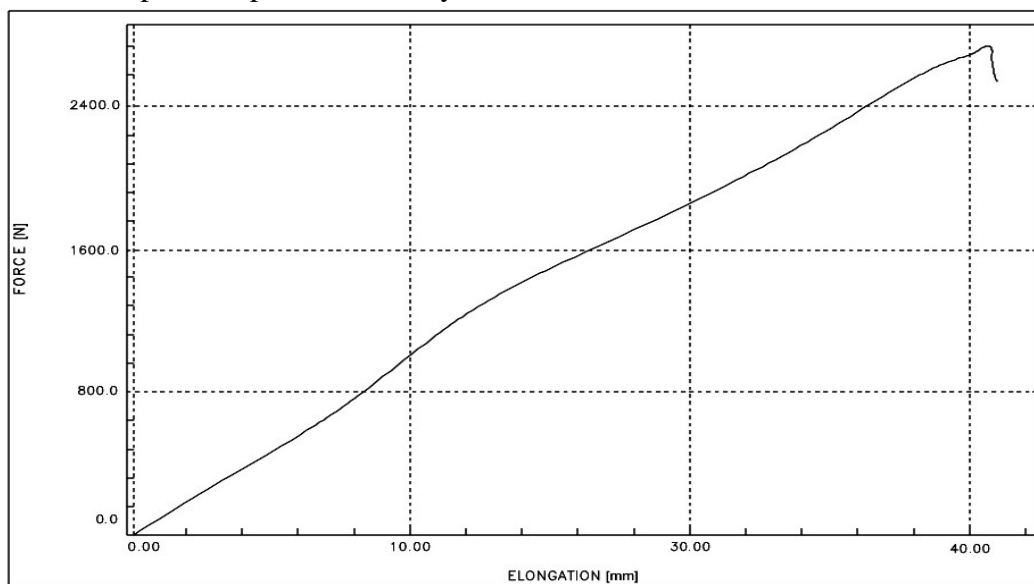
Graf . 10 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1





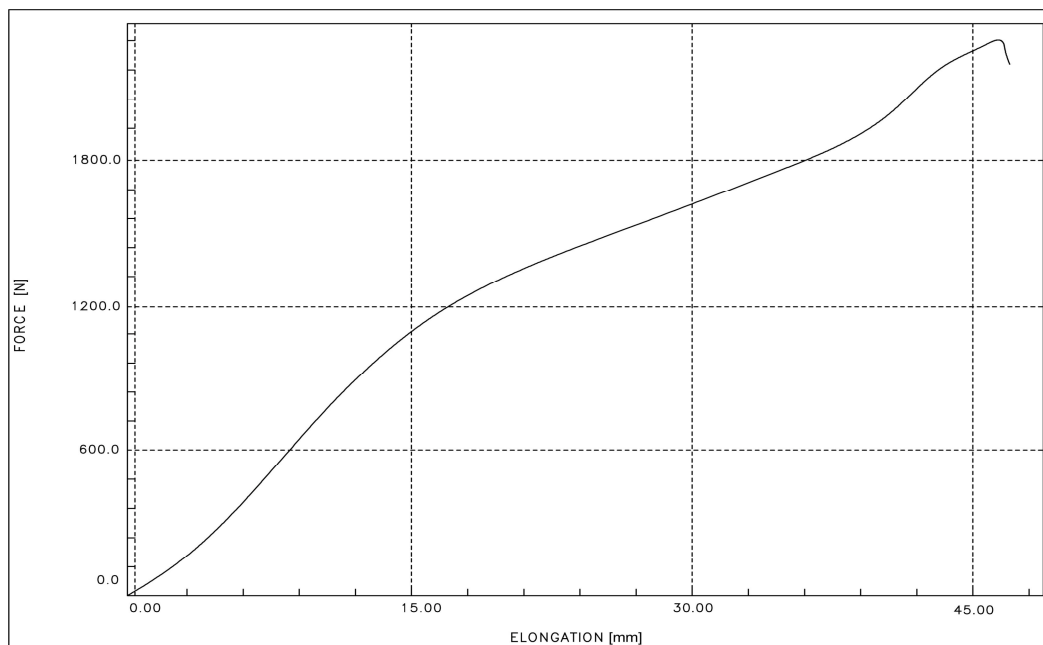
vzorek . 5

Graf . 11 podélná pevnost – horký vzduch - materiál . 1



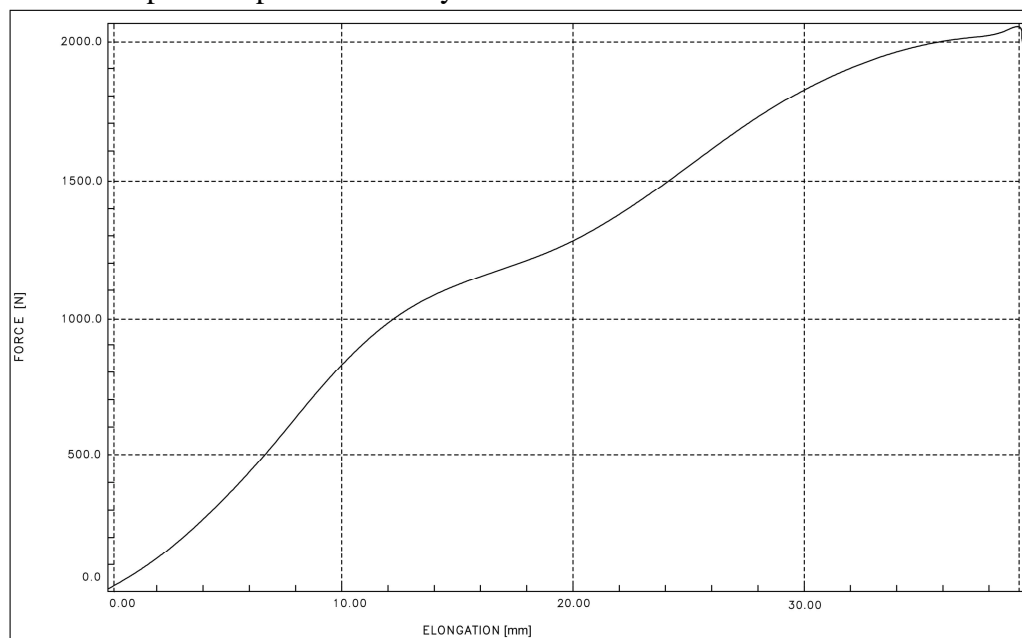
vzorek . 1

Graf . 12 podélná pevnost – horký vzduch - materiál . 1



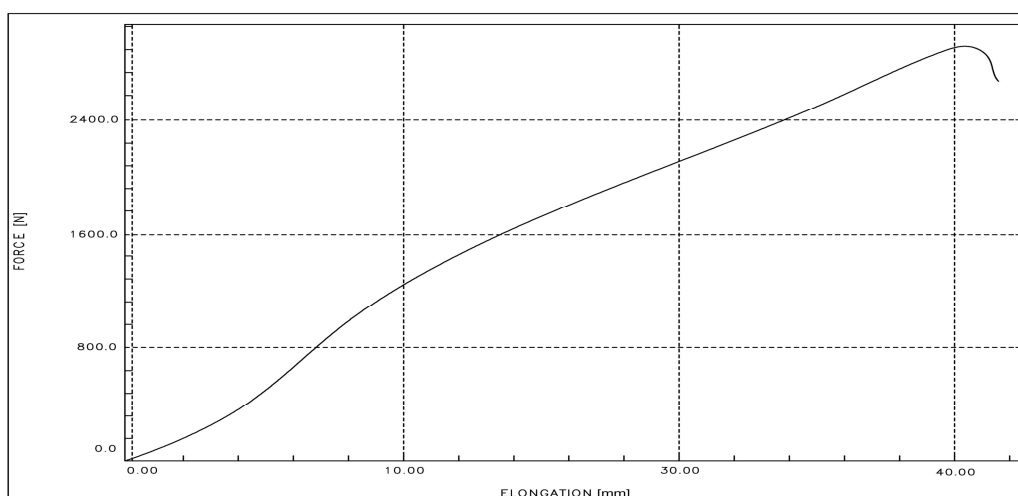
vzorek . 2

Graf . 13 podélná pevnost - horký vzduch - materiál . 1



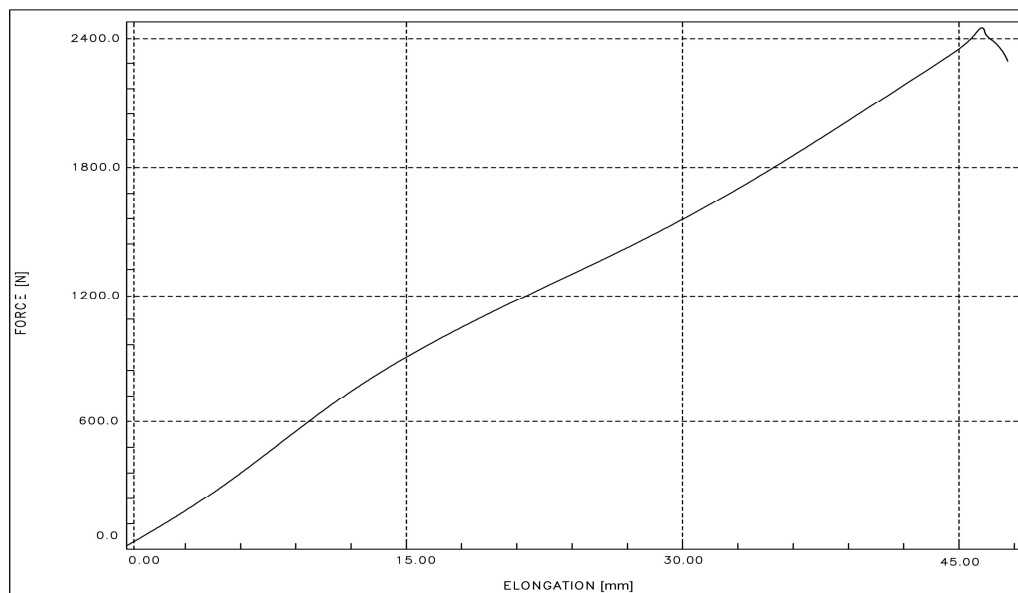
vzorek . 3

Graf . 14 podélná pevnost - horký vzduch – materiál . 1



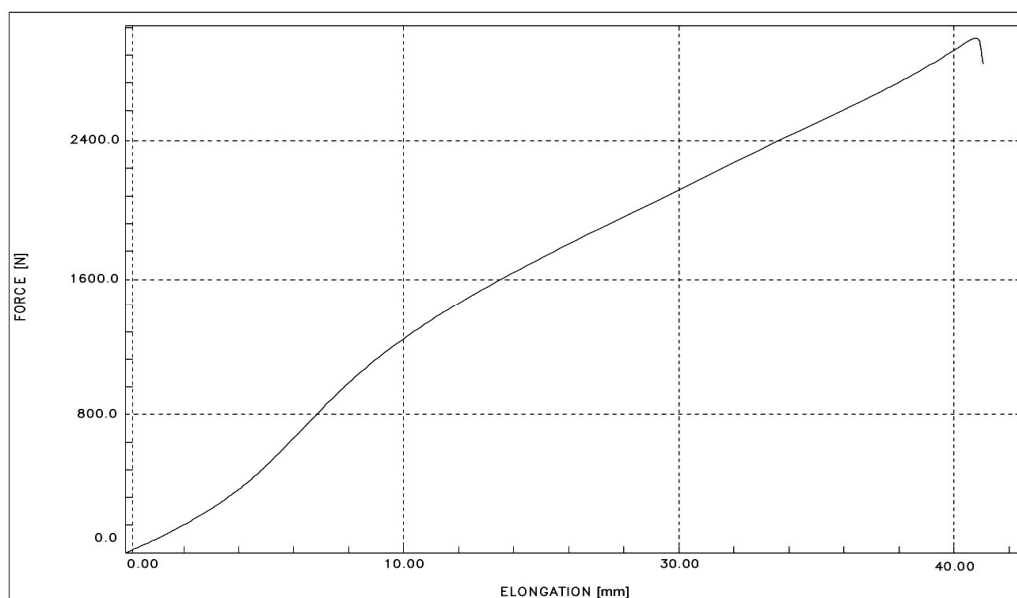
vzorek . 4

Graf . 15 podélná pevnost - horký vzduch - materiál . 1



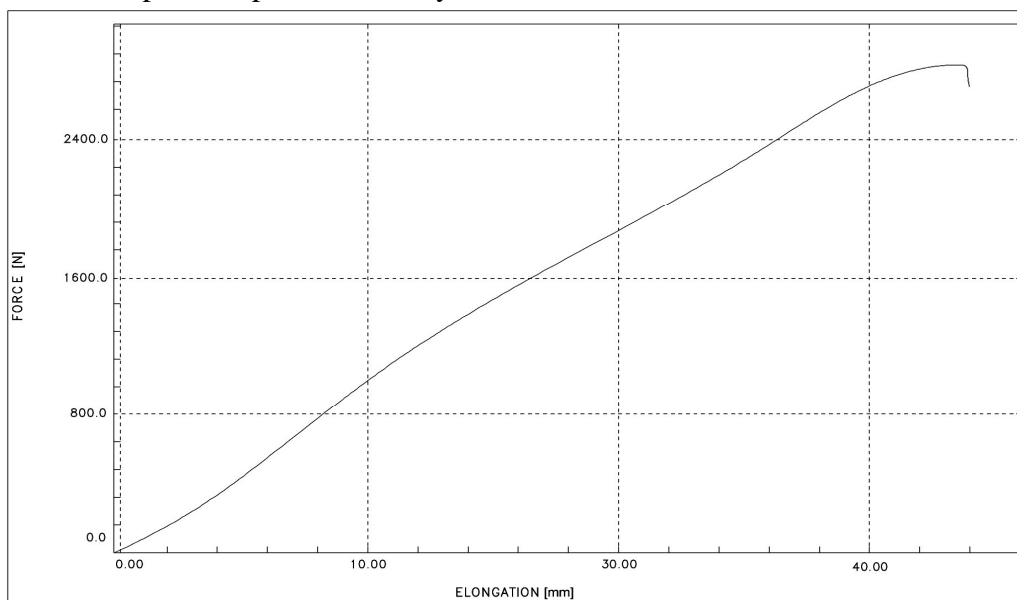
vzorek . 5

Graf . 16 podélná pevnost - horký vzduch - materiál . 2



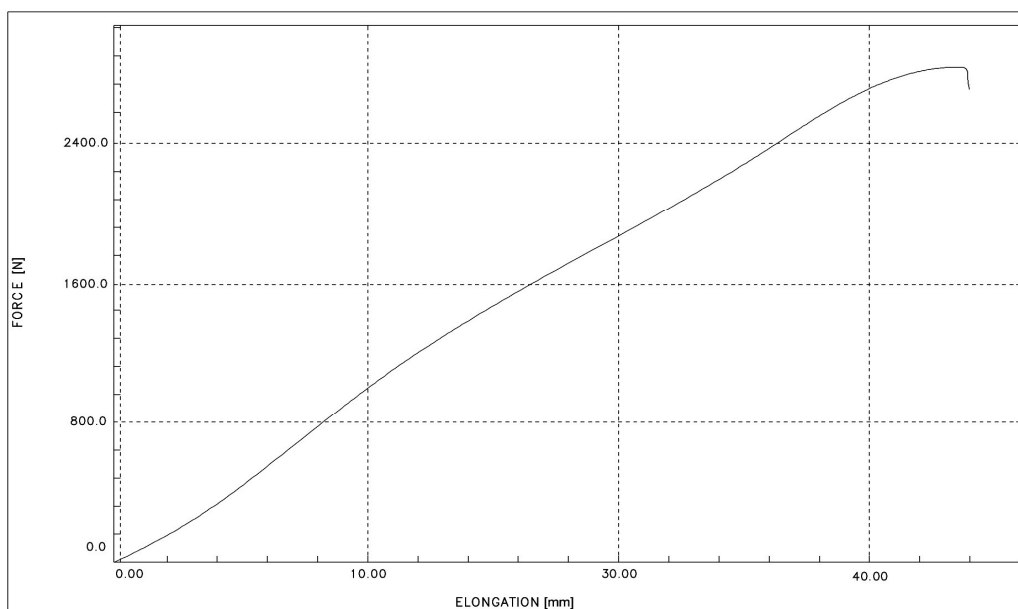
vzorek . 1

Graf . 17 podélná pevnost - horký vzduch - materiál . 2



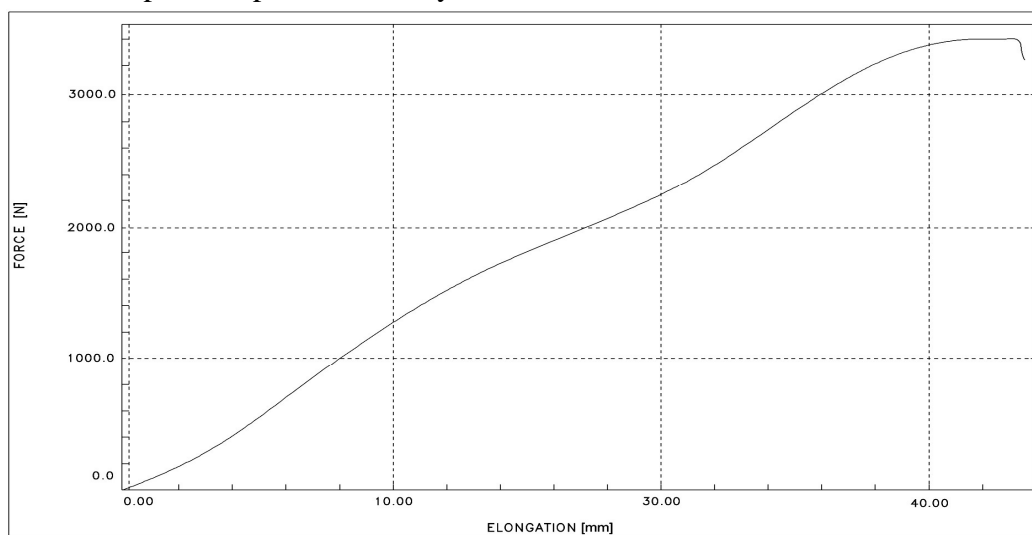
vzorek . 2

Graf . 18 podélná pevnost - horký vzduch - materiál . 2



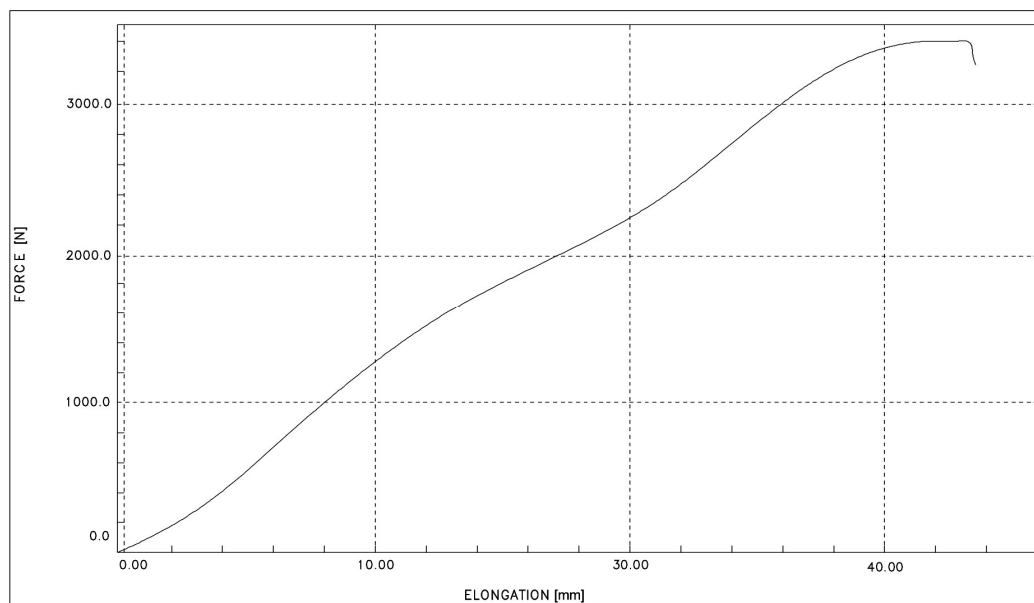
vzorek . 3

Graf . 19 podélná pevnost - horký vzduch - materiál . 2



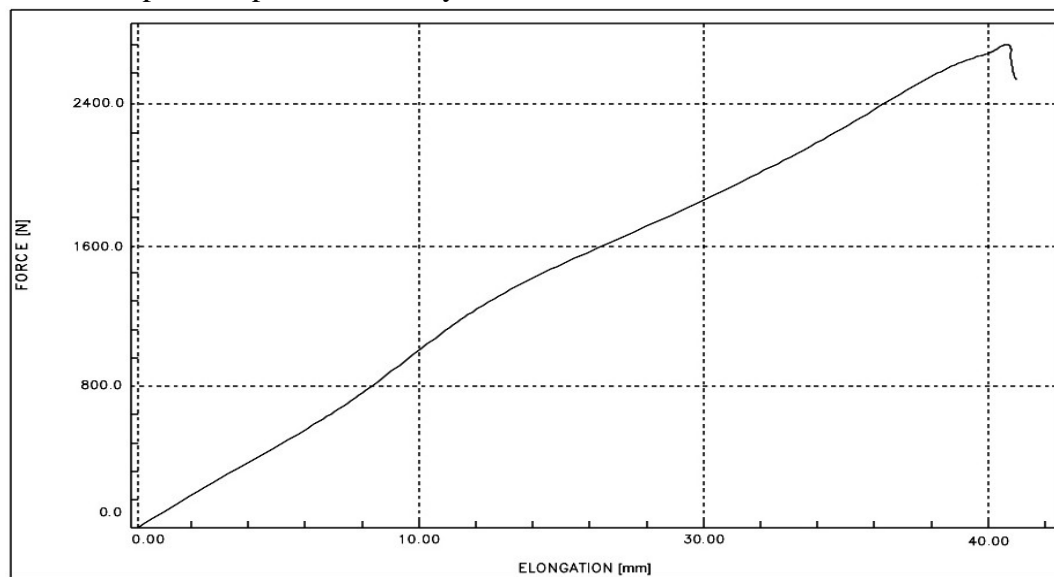
vzorek . 4

Graf . 20 podélná pevnost - horký vzduch - materiál . 2



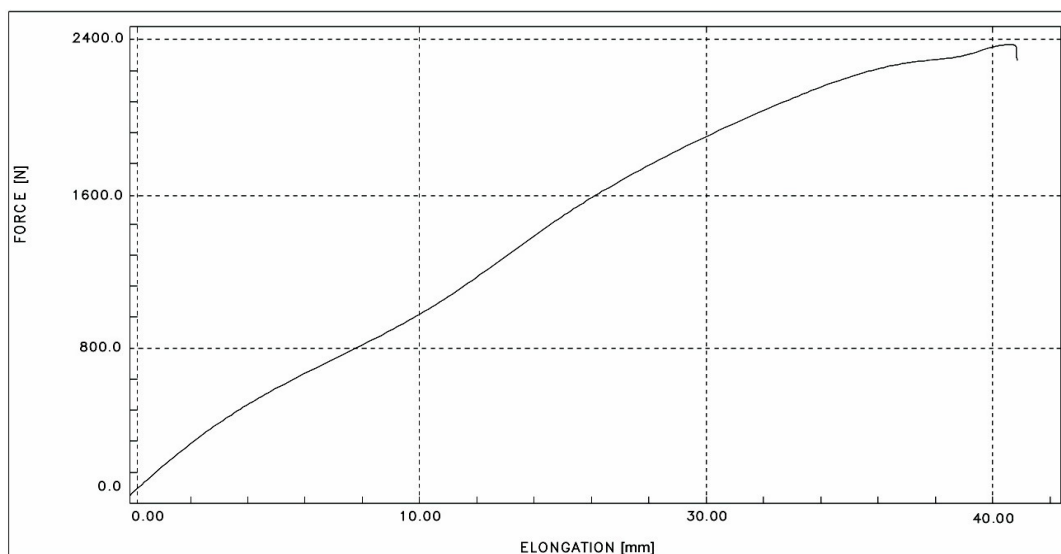
vzorek . 5

Graf . 21 podélná pevnost – horký klín - materiál . 2



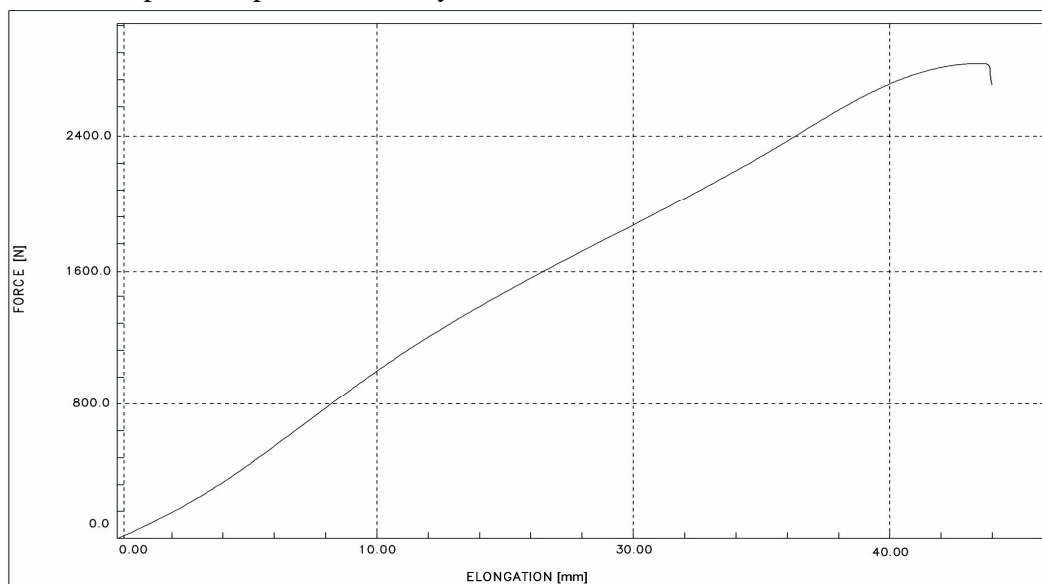
vzorek . 1

Graf . 22 podélná pevnost - horký klín - materiál . 2



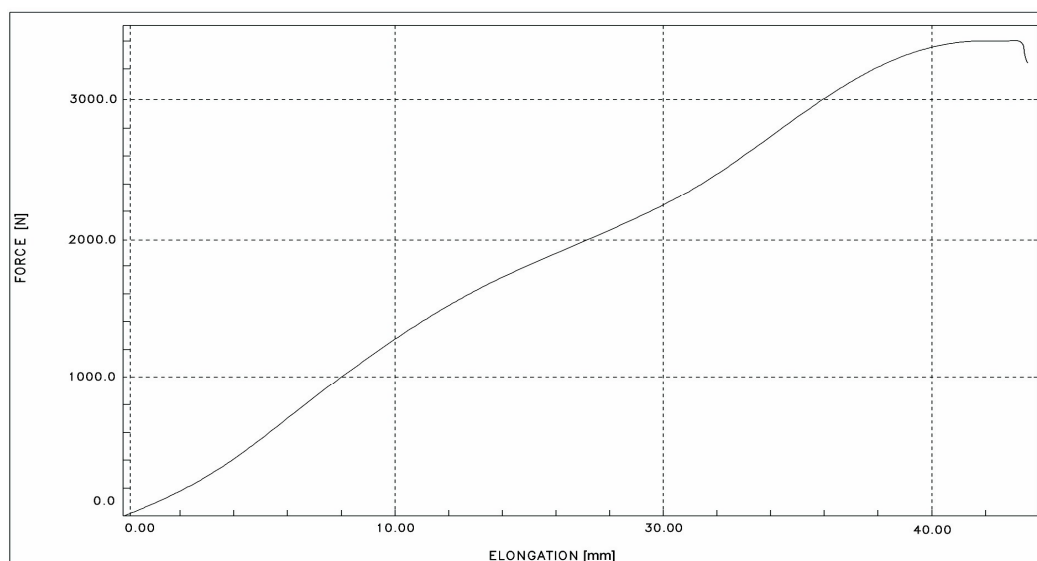
vzorek . 2

Graf . 23 podélná pevnost - horký klín - materiál . 2



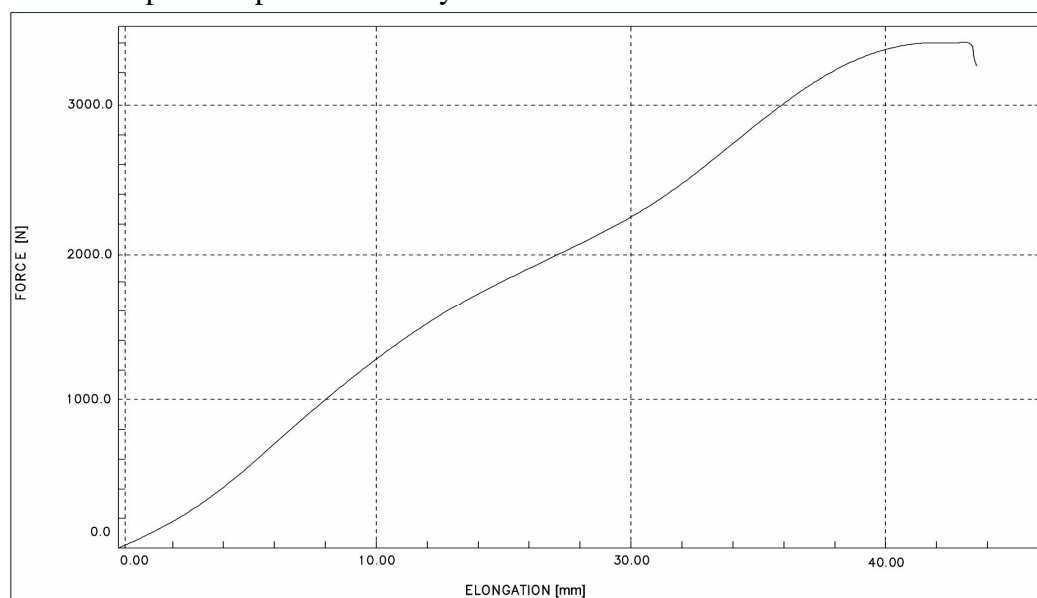
vzorek . 3

Graf . 24 podélná pevnost - horký klín - materiál . 2



vzorek . 4

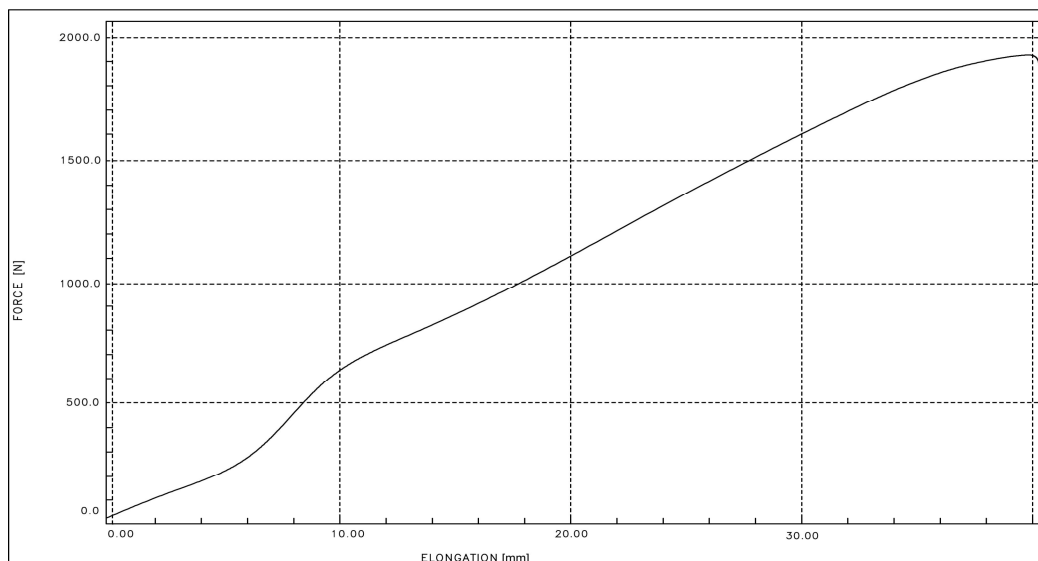
Graf . 25 podélná pevnost - horký klín - materiál . 2



vzorek . 5

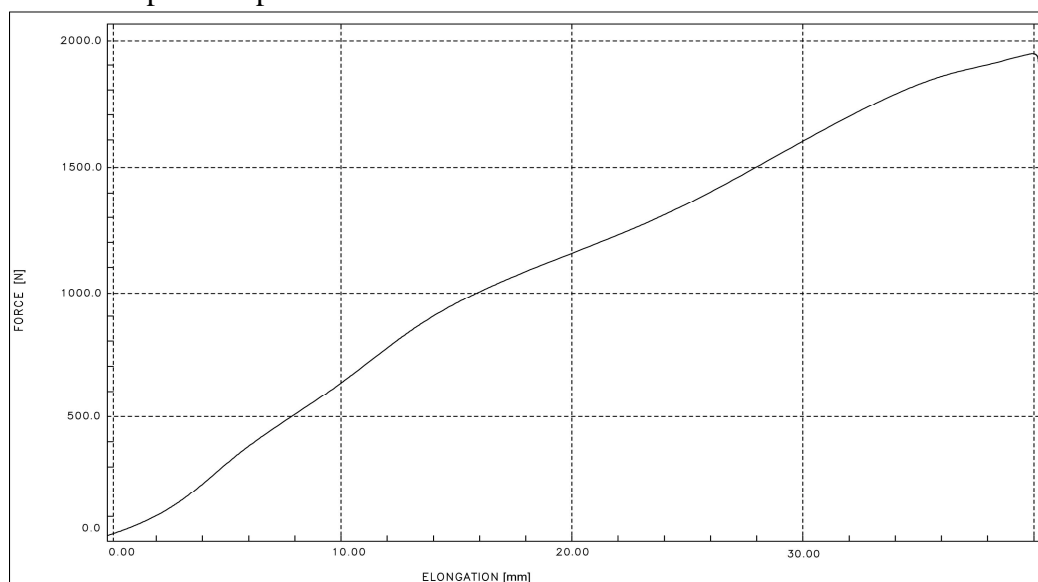
Graf . 26 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 2





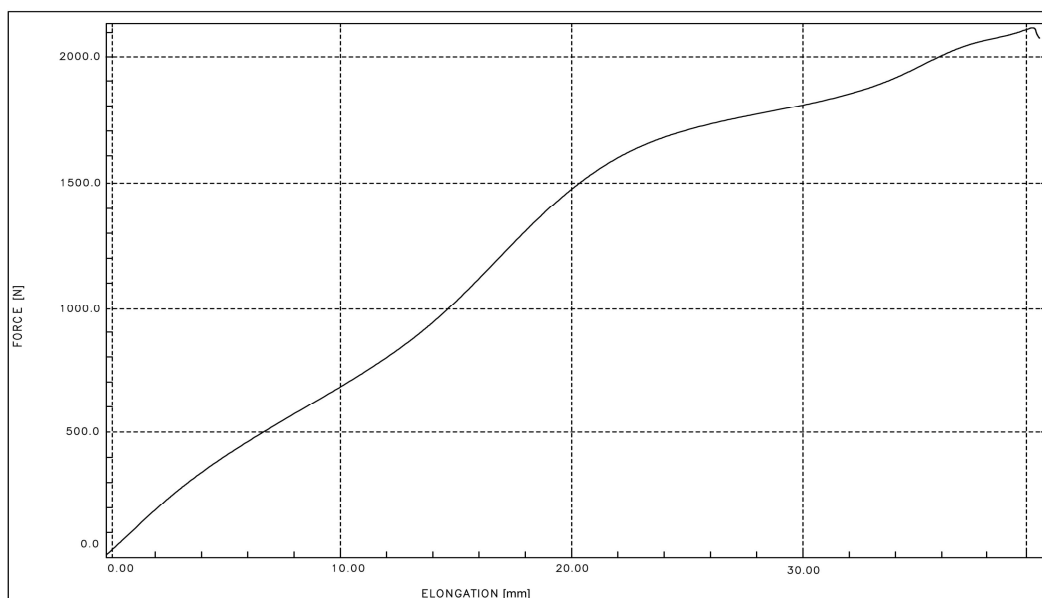
vzorek . 1

Graf . 27 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 2



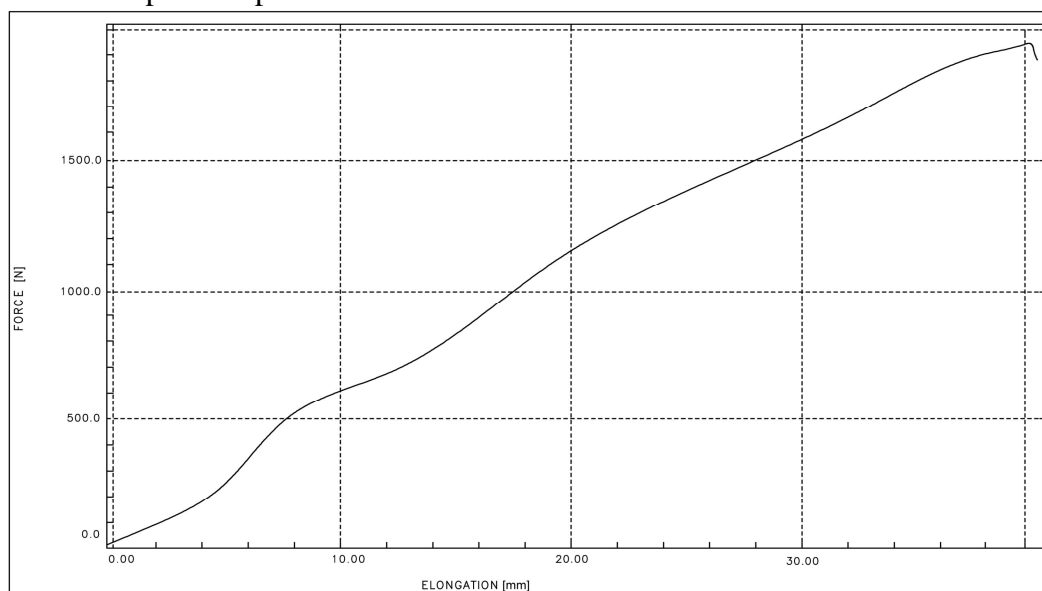
vzorek . 2

Graf . 28 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 2



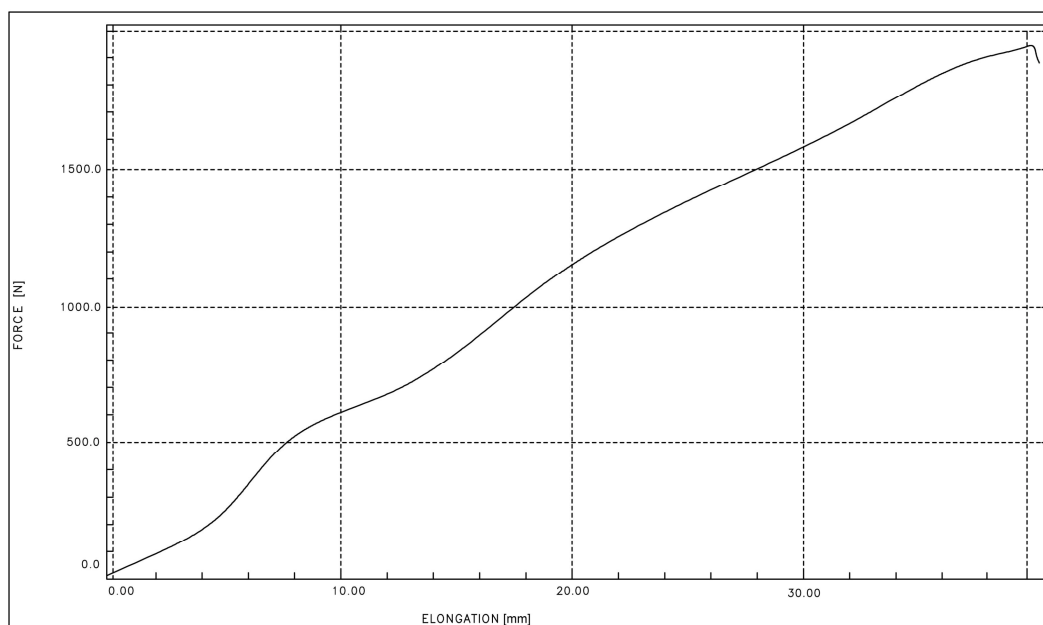
vzorek . 3

Graf . 29 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 2



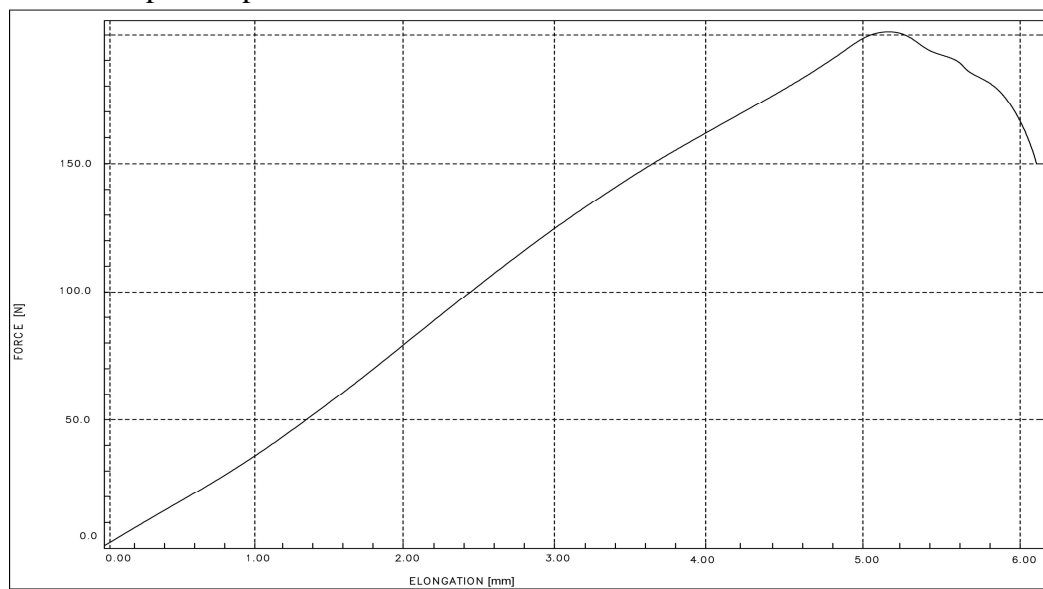
vzorek . 4

Graf . 30 podélná pevnost - ultrazvuk - materiál . 2



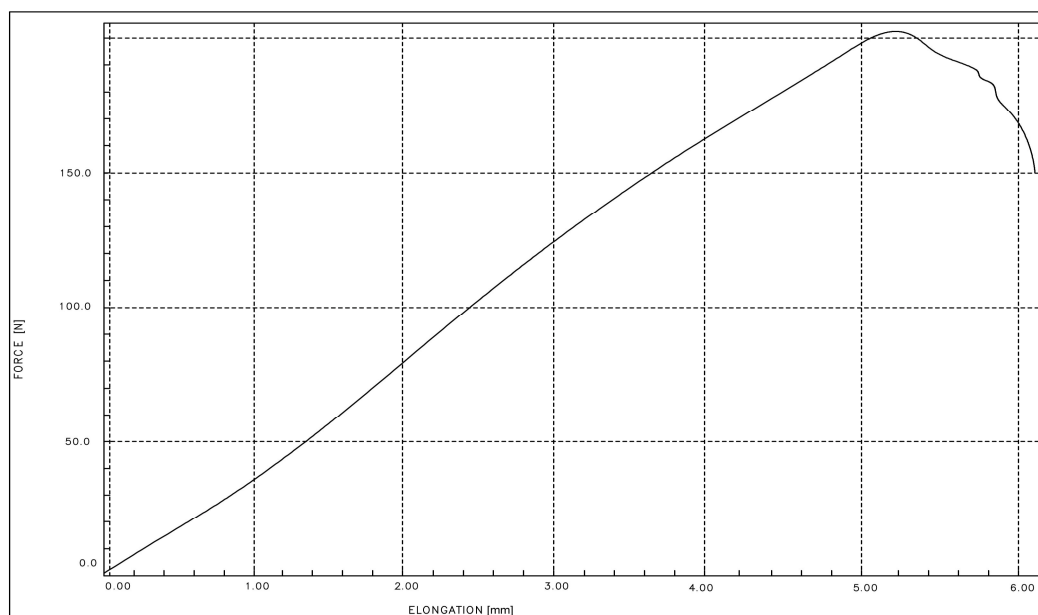
vzorek . 5

Graf . 31 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1



vzorek . 1

Graf . 32 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1



vzorek . 2

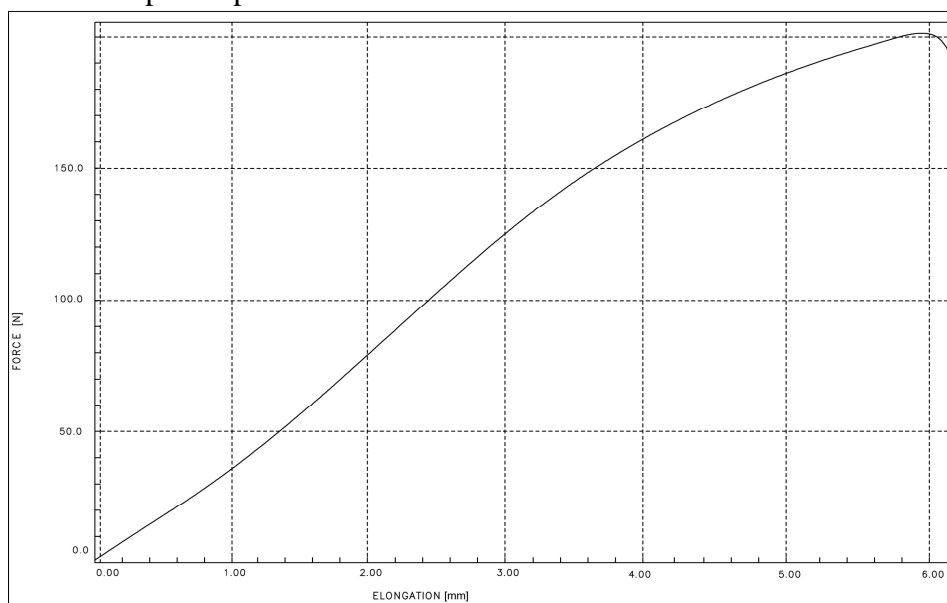
Graf . 33 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1

vzorek . 3

Graf . 34 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1

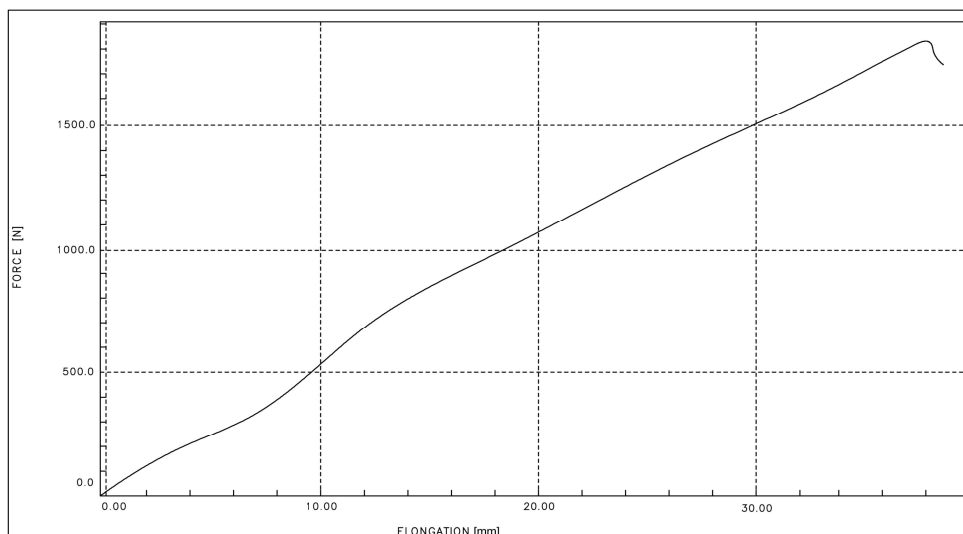
vzorek . 4

Graf . 34 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 1



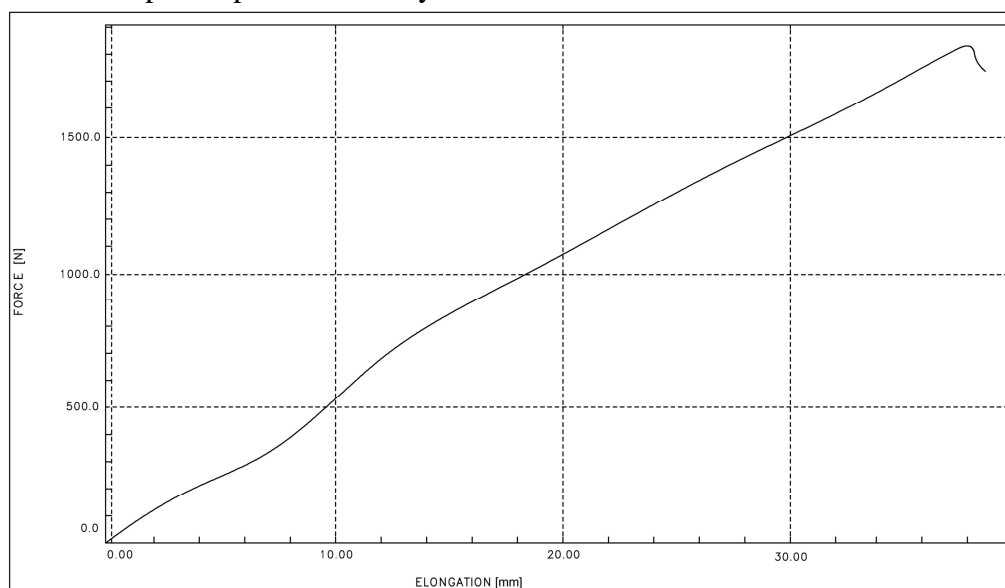
vzorek . 5

Graf . 35 p í ná pevnost – horký klín- materiál . 1



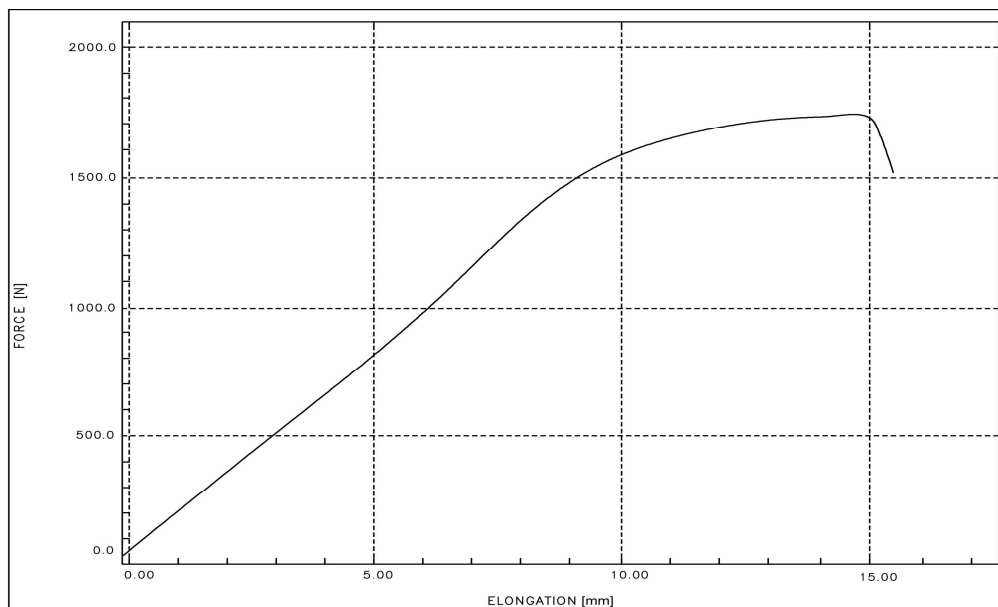
vzorek . 1

Graf . 36 p í ná pevnost - horký klín - materiál . 1



vzorek . 2

Graf . 37 p í ná pevnost - horký klín - materiál . 1



vzorek . 3

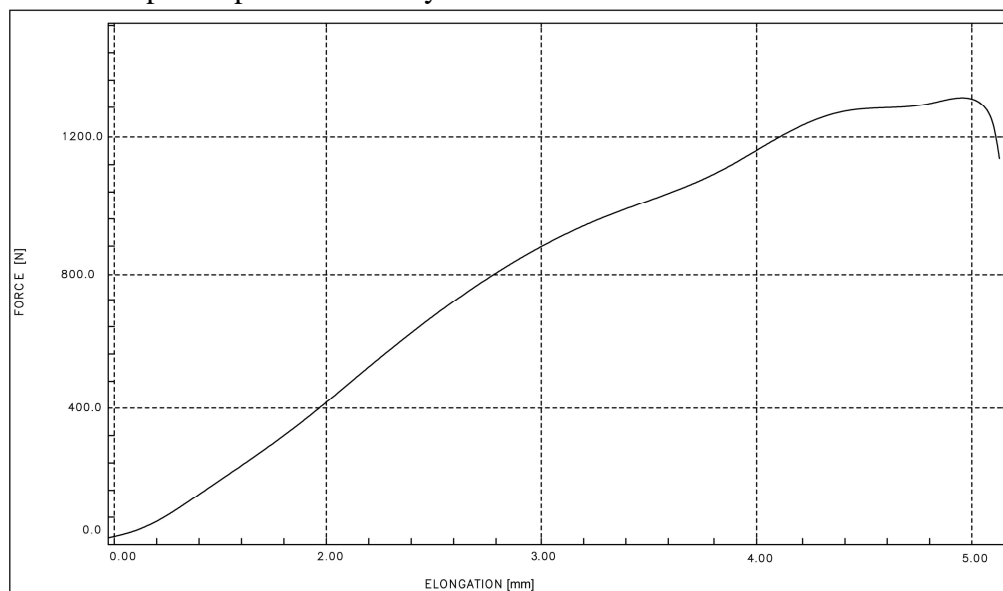
Graf . 38 p í ná pevnost - horký klín - materiál . 1

vzorek . 4

Graf . 39 p í ná pevnost - horký klín - materiál . 1

vzorek . 5

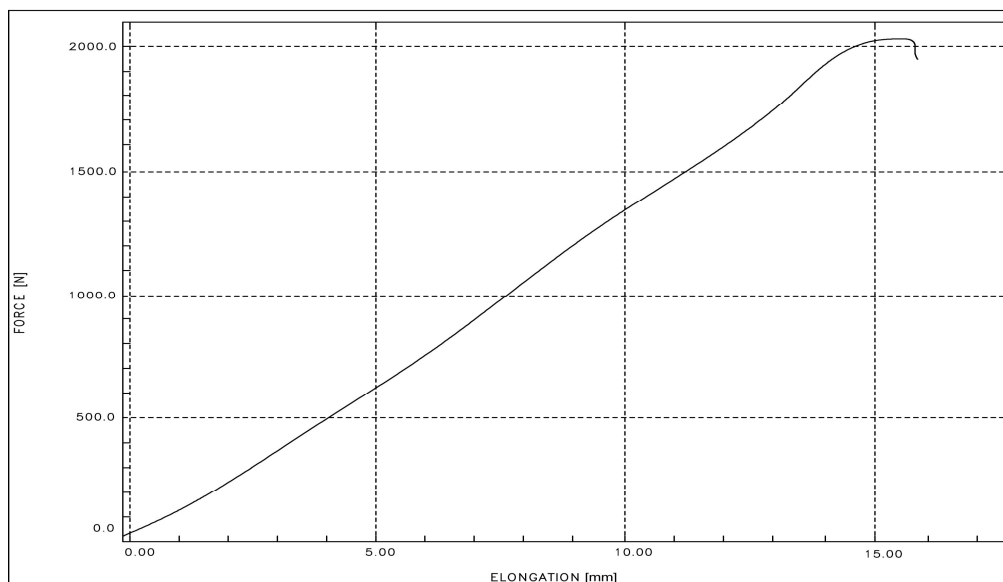
Graf . 40 p í ná pevnost – horký vzduch - materiál . 1



vzorek . 1

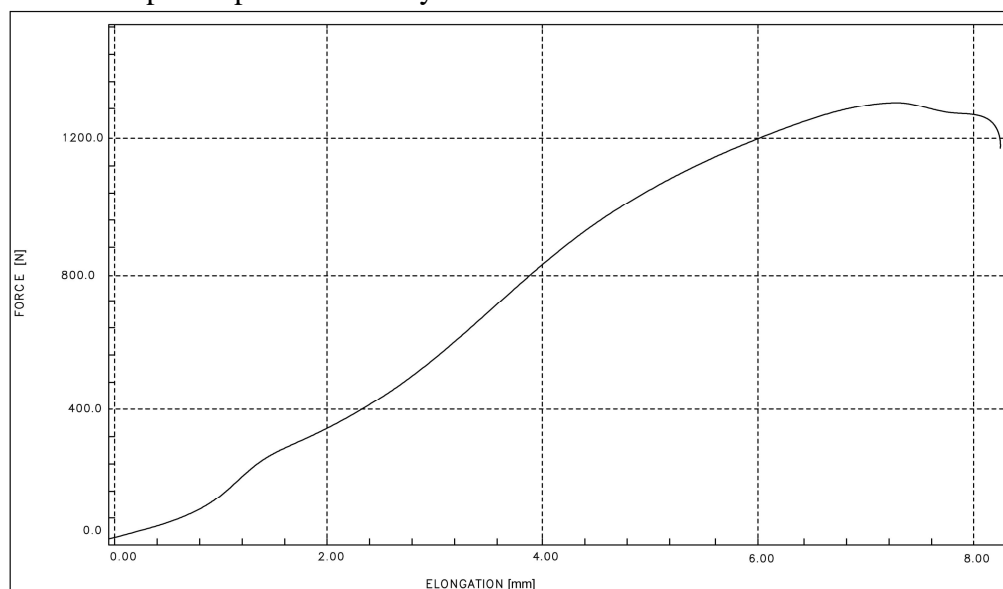
Graf . 41 p í ná pevnost - horký vzduch - materiál . 1





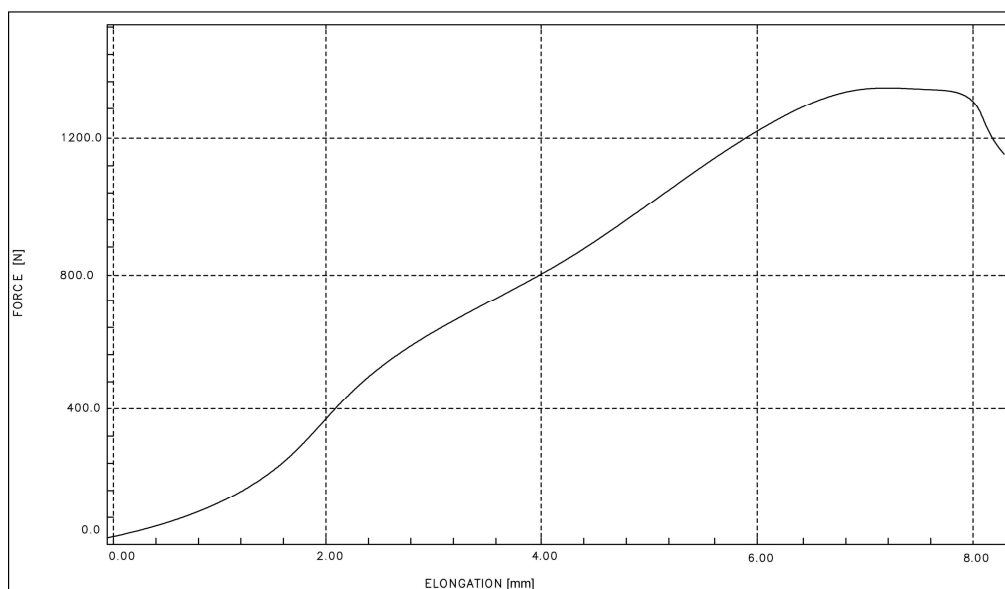
vzorek . 2

Graf . 42 p í ná pevnost - horký vzduch - materiál . 1



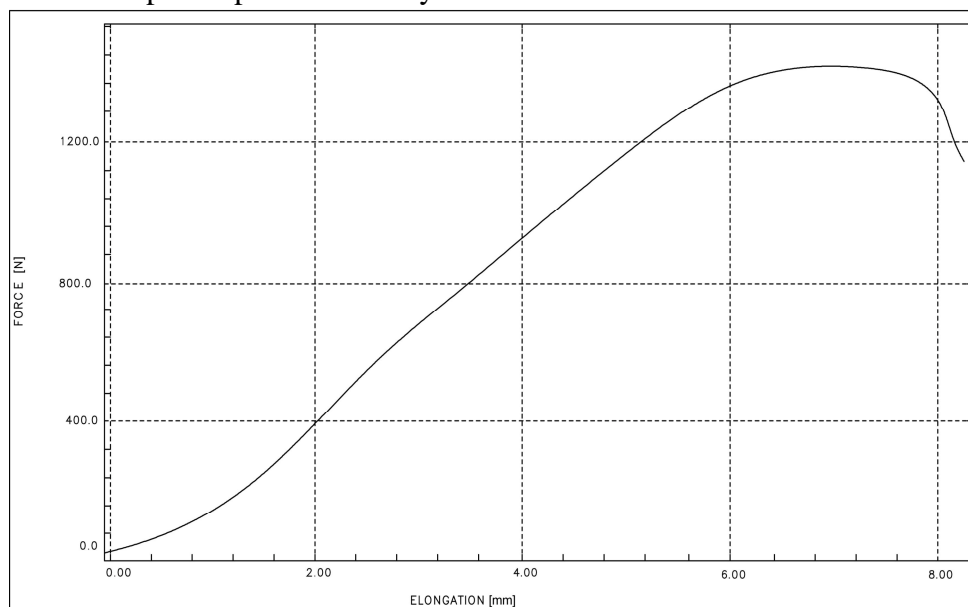
vzorek . 3

Graf . 43 p í ná pevnost - horký vzduch - materiál . 1



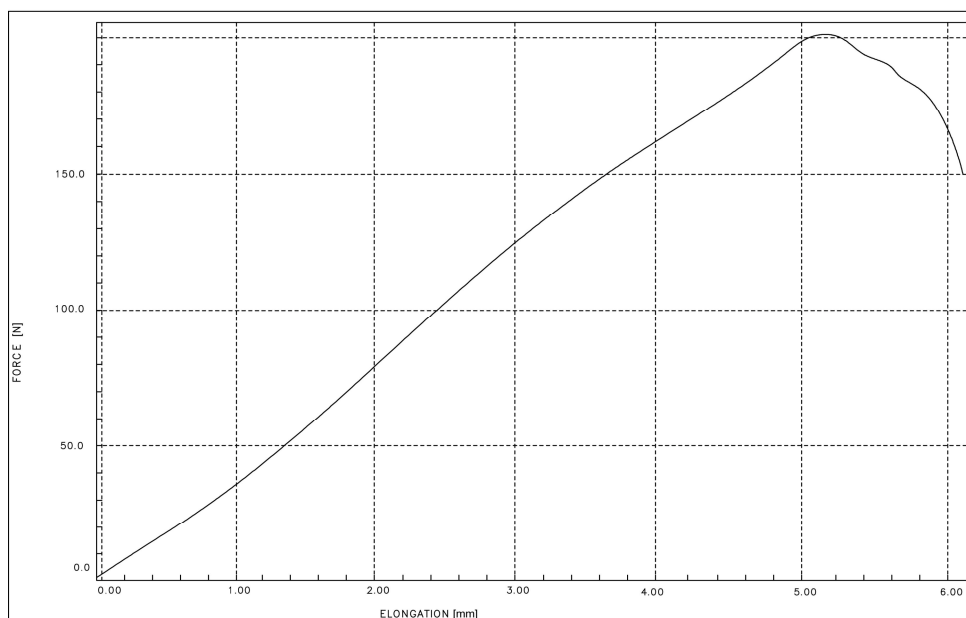
vzorek . 4

Graf . 45 p í ná pevnost - horký vzduch – materiál . 1



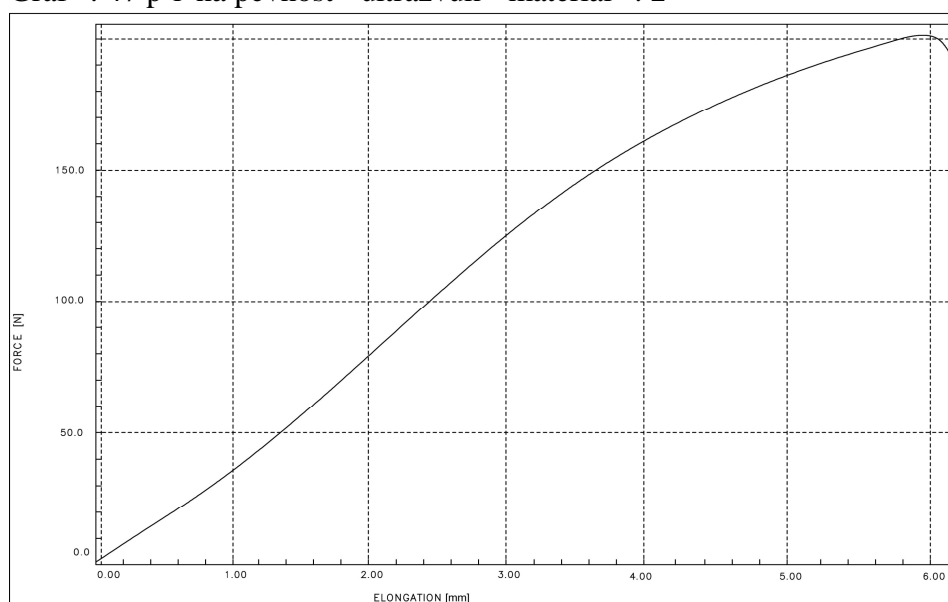
vzorek . 5

Graf . 46 p í ná pevnost –ultrazvuk- materiál .2



vzorek . 1

Graf . 47 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 2

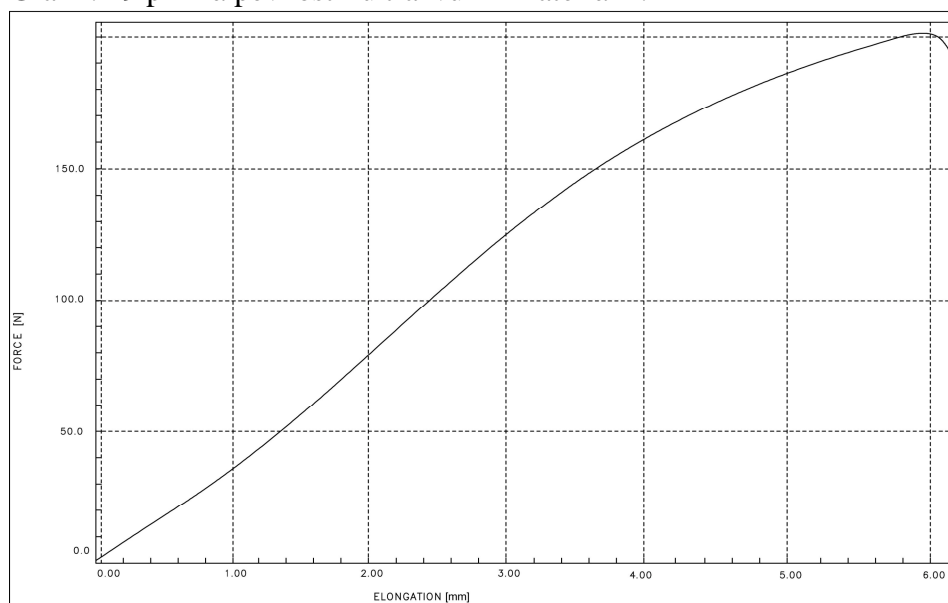


vzorek . 2

Graf . 48 p í ná pevnost - ultrazvuk - materiál . 2

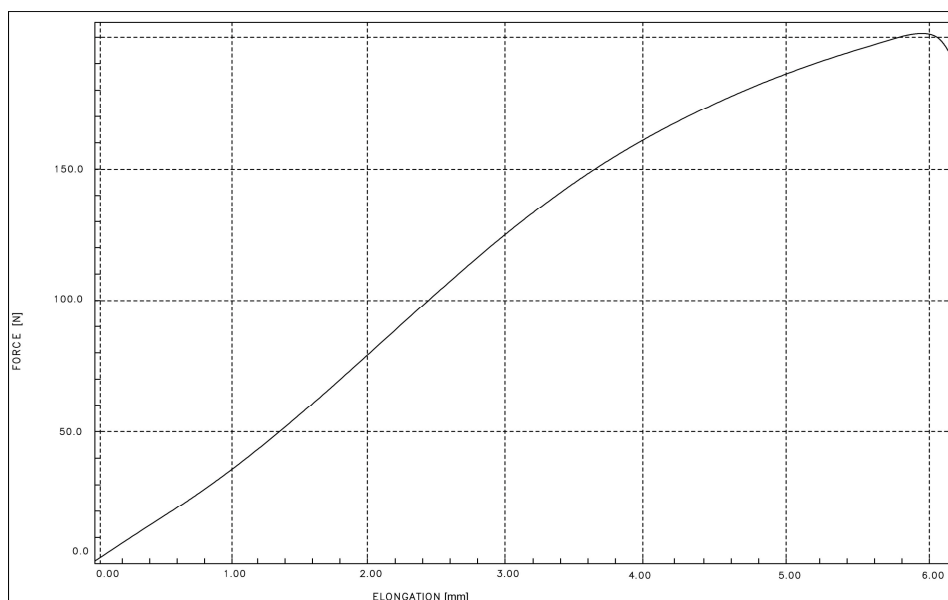
vzorek . 3

Graf . 49 p í ná pevnost - ultrazvuk – materiál . 2



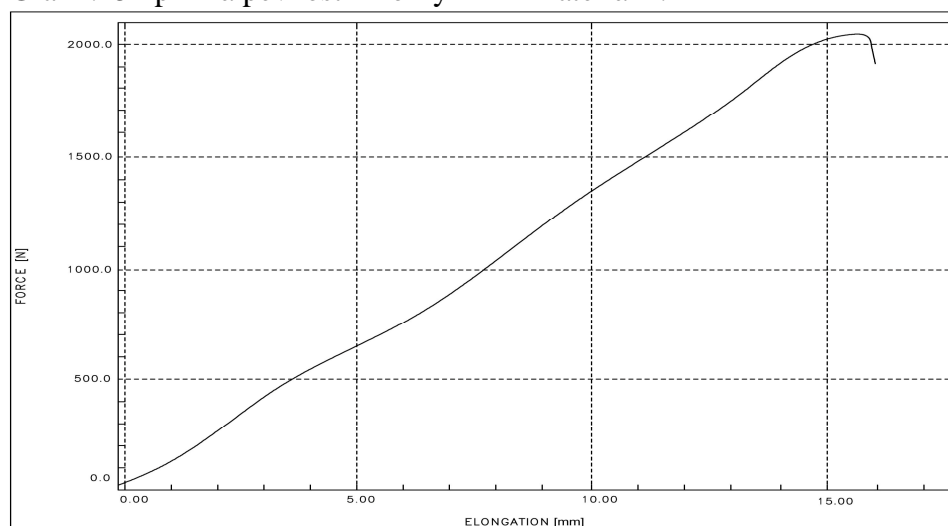
vzorek . 4

Graf . 50 p í ná pevnost - ultrazvuk – materiál . 2



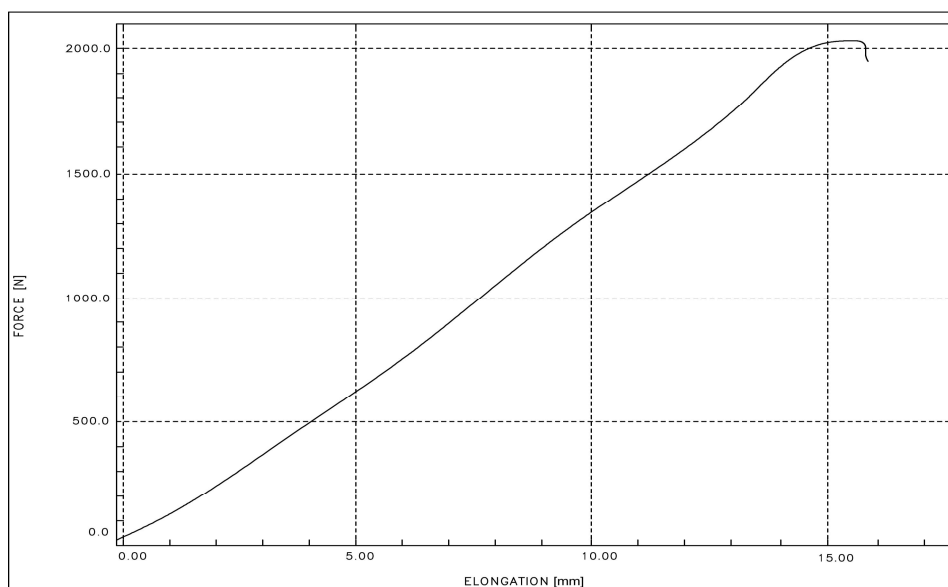
vzorek . 5

Graf . 51 p í ná pevnost – horký klín - materiál . 2



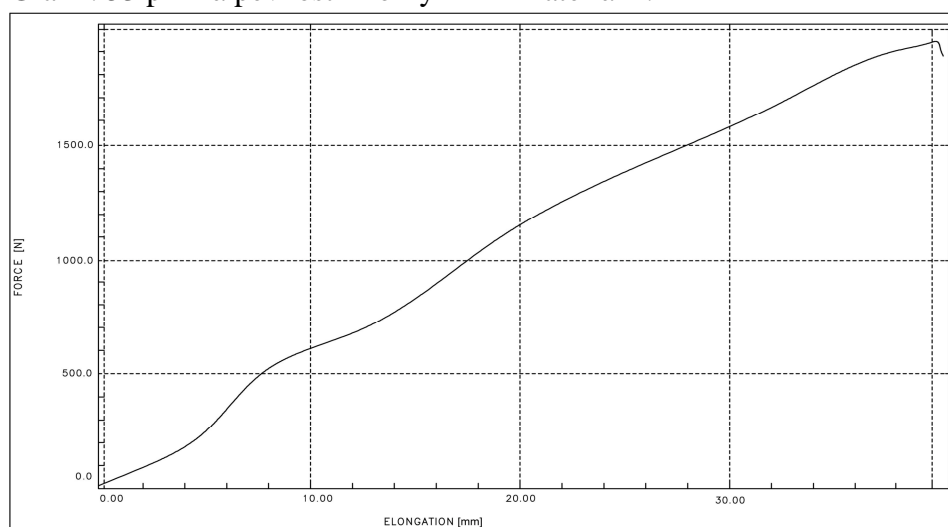
vzorek . 1

Graf . 52 pevnost - horký klín – materiál . 2



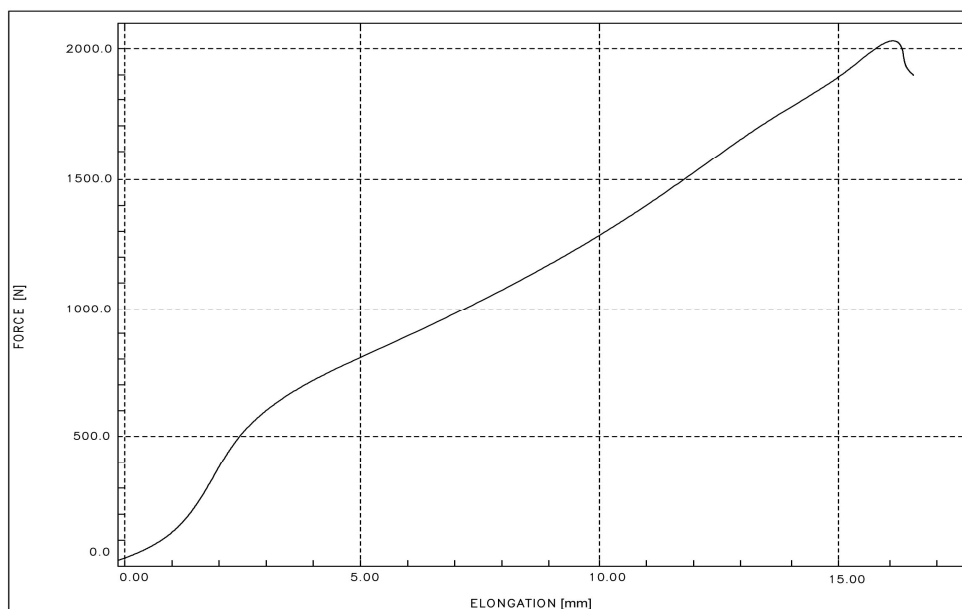
vzorek . 2

Graf . 53 p í ná pevnost - horký klín - materiál . 2



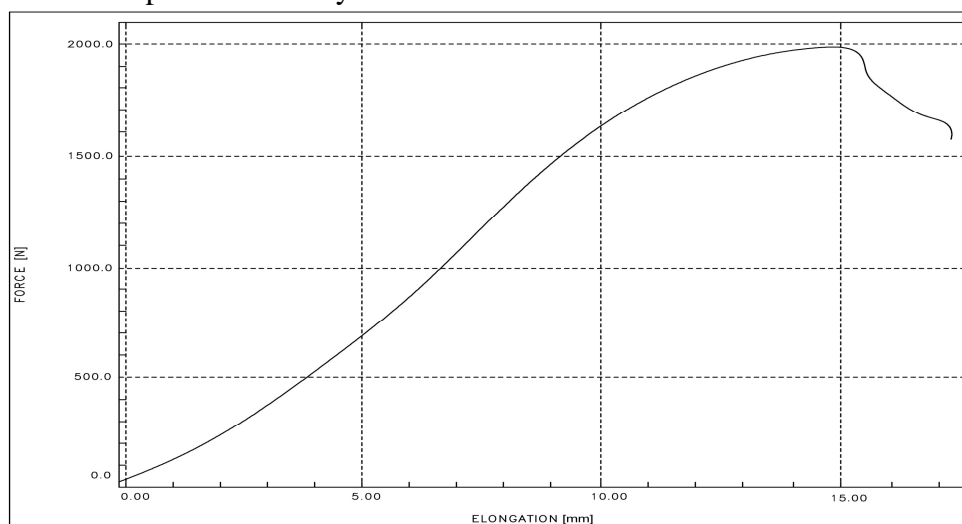
vzorek . 3

Graf . 54 p í ná pevnost - horký klín - materiál . 2



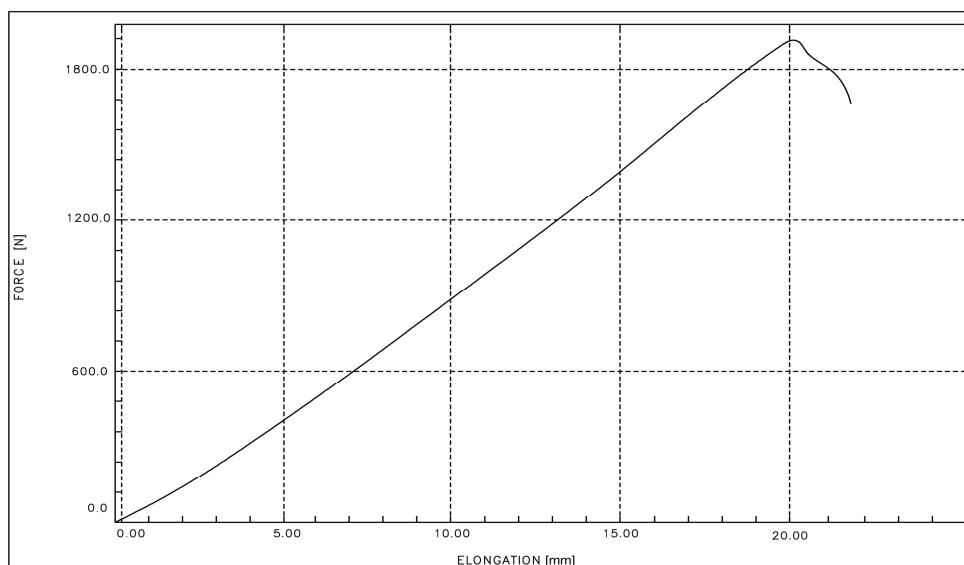
vzorek . 4

Graf . 55 pevnost – horký klín- materiál . 2



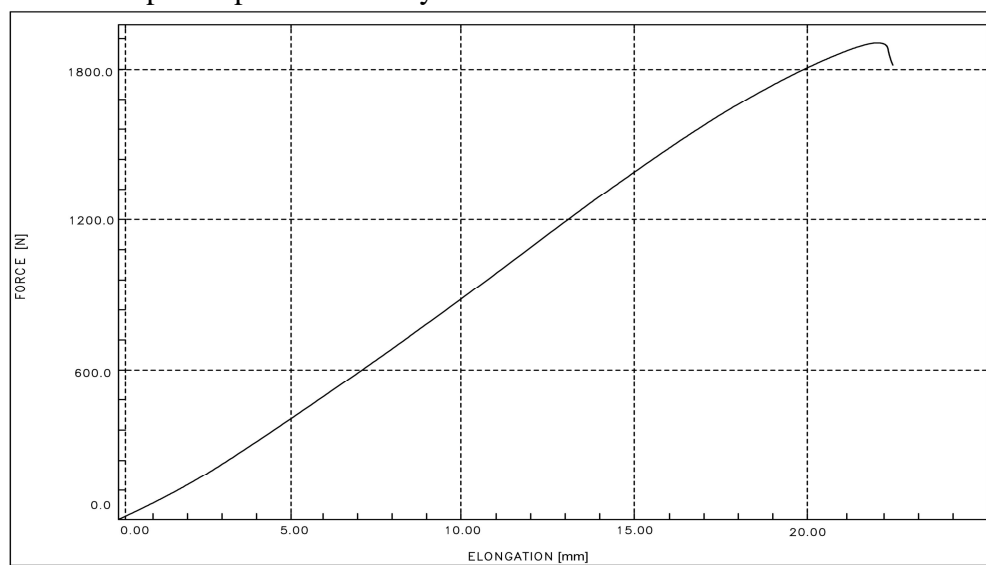
vzorek . 5

Graf . 56 podélná pevnost – horký vzduch- materiál . 2



vzorek . 1

Graf . 57 p í ná pevnost - horký vzduch – materiál . 2



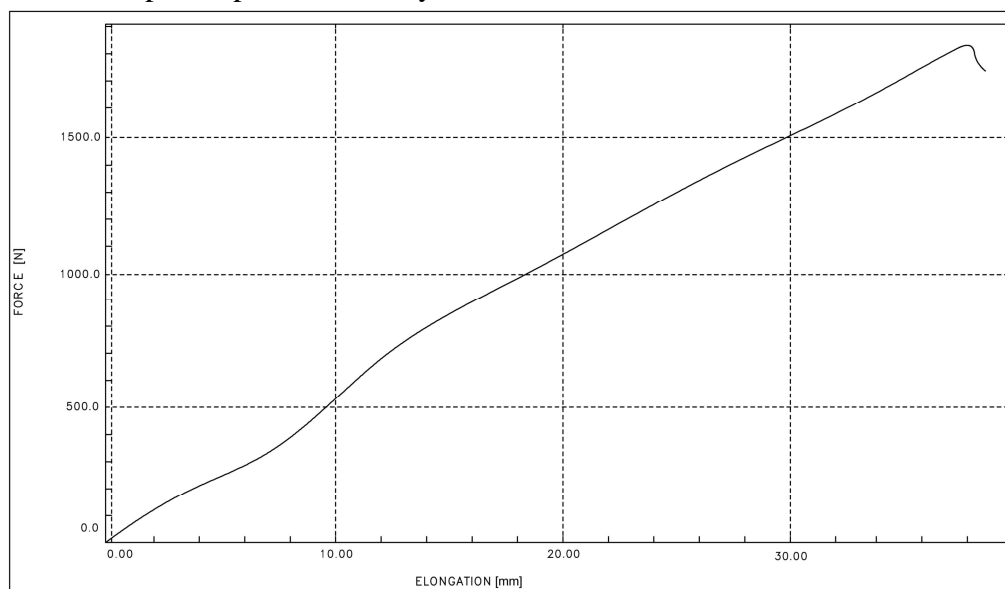
vzorek . 2

Graf . 58 p í ná pevnost - horký vzduch – materiál . 2



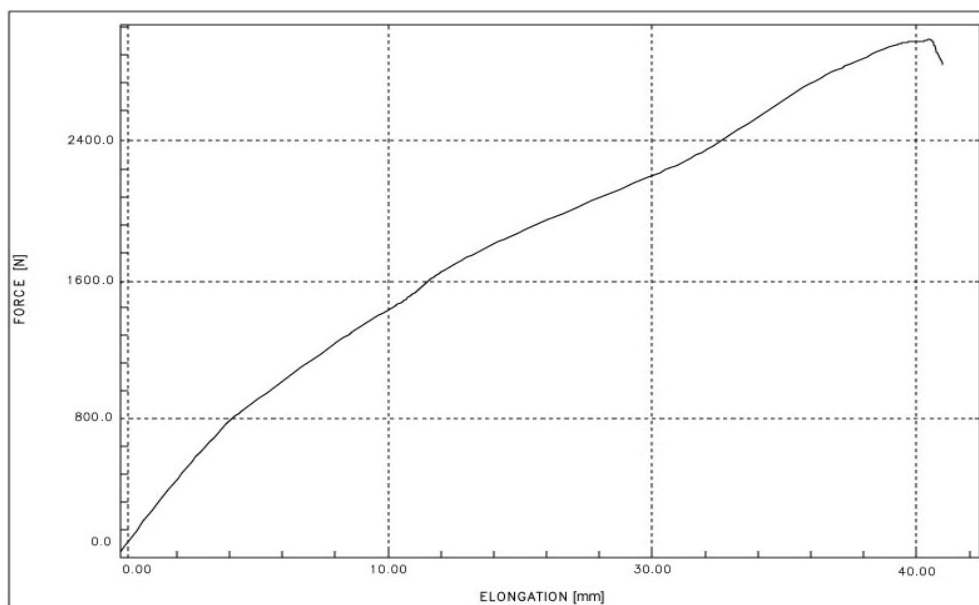
vzorek . 3

Graf . 59 p í ná pevnost - horký vzduch – materiál . 2



vzorek . 4

Graf . 60 p í ná pevnost - horký vzduch - materiál . 2



vzorek .5

**Příloha .5**

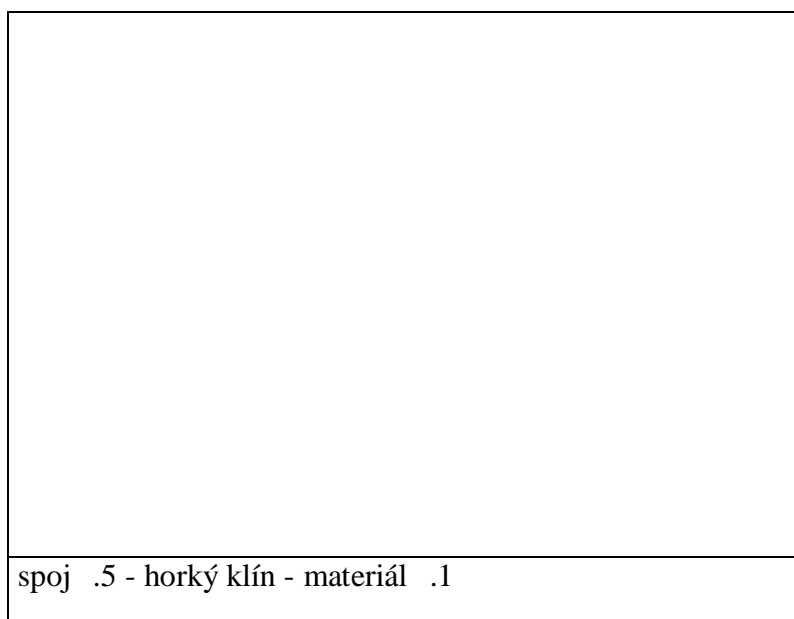
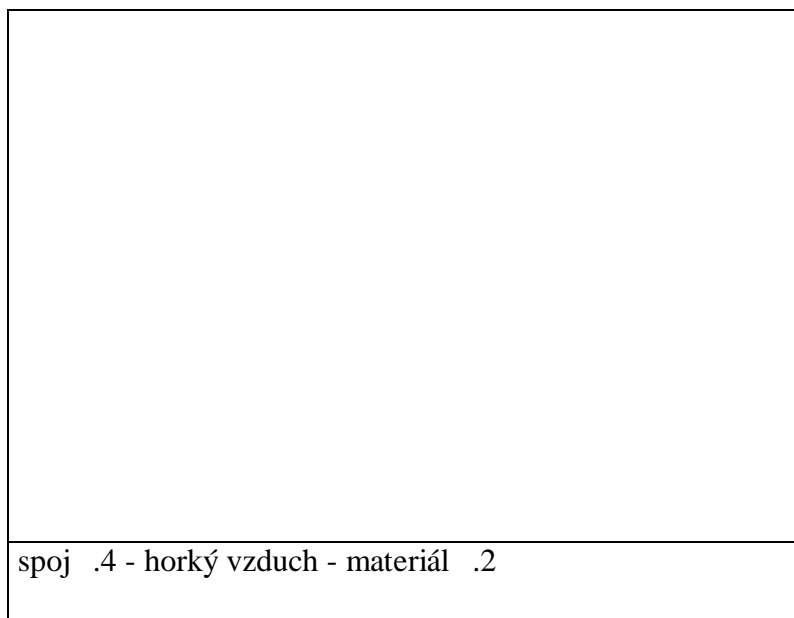
**Vzorky svařených materiálů**



spoj .1 - horký vzduch – materiál .1

spoj .2 – ultrazvuk - materiál .1

spoj . 3 - horký klín - materiál . 1



spoj .6 – ultrazvuk - materiál .1	